



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Departamento de Física

Avaliação e Monitorização da condição física dos habitantes seniores do concelho do Seixal

Ana Rita Almeida

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biomédica

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do protocolo entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e a Câmara Municipal do Seixal.

Orientadores:

Prof^ª. Doutora Valentina Vassilenko
Prof^ª. Fernanda Seabra

LISBOA

2010

***“If I knew I was going to live this long
I would have taken better care of myself. ”***

Eubie Blake

AGRADECIMENTOS

À minha irmã, pelos abraços, mimos e pela alegria de a ver crescer.

Aos meu avôs que não puderam assistir até ao fim mas cuja memória me ajudou em muitas alturas.

À restante família, avós, primos e tios, um por um.

A todos os meus professores destes construtivos 17 anos de escola que culminam nesta tese. Todos eles contribuíram para o que aqui escrevi.

Em especial a Professora Valentina pela inteligência e simpatia com que me guiou nesta última etapa.

À Fernanda pela confiança depositada na concretização deste projecto e pela ajuda imprescindível em todas as etapas. À Sílvia pelas mesmas razões.

O meu sincero e humilde obrigado à Maria do Carmo e à “tia” Cacilda.

Aos meus amigos:

Ao Francisco, ao Gonçalo e ao André em especial.

Ao David por, já numa fase final, me ter incutido um espírito que desconhecia e por aquele treino de que abdicou para me ajudar neste projecto. A ele e aos que lá estiveram, muito obrigada.

À Mara, pelos maravilhosos cinco anos e alguns meses de gargalhadas e boa disposição.

Aos outros, não muitos mas bons, aos de antes e aos de agora, principalmente os de agora, que me acompanharam ao longo destes anos com um companheirismo e amizade supremos.

A ti, por tudo e por nada, pela amizade, racionalidade e amor, João.

Em especial dedico esta tese aos meus pais, pelo amor, paciência, confiança e estímulo que sempre me deram.

RESUMO

Estima-se que em Portugal mais de 60% dos adultos não efectuam os níveis de actividade física benéficos para a saúde.

Num universo particular como a população sénior do concelho do Seixal este sedentarismo crescente e a sua consequência em doenças hipocinéticas, tem sido alvo de preocupação por parte da Câmara Municipal.

Esta preocupação levou a que a Câmara Municipal do Seixal procurasse parcerias de modo a poder avaliar e monitorizar a condição física desta população, visando implementar, em cada idoso, um plano individualizado de actividade física.

De uma dessas parcerias nasce este projecto cujo produto final se reflecte em dois programas computacionais: “*MoniSeixal*”, que permite avaliar a condição física do indivíduo, indicar o programa físico a seguir e monitorizá-lo ao longo do tempo e, “*Estatística de grupos*”, um programa estatístico que possibilita a comparação dos resultados entre os vários indivíduos agrupados por sexo, idade, associação ou habilitações literárias.

Um alargado inquérito foi levado a cabo junto dos habitantes seniores inscritos nas associações de onde se depreendeu que, apesar de todos serem considerados aptos à prática de actividade física, uma elevada percentagem sofre de patologias como a diabetes, hipertensão e cardipatias pelo que é crucial uma avaliação da condição física antes de ser iniciado qualquer tipo de plano físico.

A avaliação da condição física assentará em três componentes: a morfológica (composição corporal e massa óssea); a muscular (resistência e flexibilidade) e a cardiorrespiratória (capacidade aeróbia sub-máxima).

Após uma pesquisa aprofundada aos diversos métodos existentes para mensuração destas componentes, os que se apresentaram como mais fiáveis e aplicáveis para a população em questão foram: para a composição corporal e massa óssea, a antropometria; para a resistência muscular, o levantamento de pesos; para a flexibilidade, o flexiteste adaptado e para a capacidade aeróbia, o cicloergómetro.

ABSTRACT

It is estimated that, in Portugal, more than 60% of adults not engaged the levels of physical activity beneficial to health.

In a particular universe as the senior population of the municipality of Seixal, this increasingly sedentary lifestyle and its consequence in hypokinetic diseases, has been target of concern for the City Council.

This concern prompted the City Council of Seixal to seek partnerships in order to evaluate and monitor the condition of this population to implement, in every senior, an individualized plan of physical exercise.

Of one of these partnerships, is born this project whose final product is reflected in two computer programs: "*MoniSeixal*" for assessing the physical condition of the individual, indicate the physical program and then monitor it over time, and "*Estatística por grupos*", a statistical program that allows comparison of results between different individuals grouped by gender, age, association or literary habilitations.

An extended questionnaire was conducted among senior residents and the results shows that they are deemed fit for physical activity, however, a high percentage suffer from diseases like diabetes, hypertension and cardiopathy and, for these, the assessment of physical fitness its crucial before starting any type of physical plane.

The assessment of physical fitness will be based on three components: the morphological (body composition and bone mass), the muscular (resistance and flexibility) and cardio respiratory (sub-maximal aerobic capacity).

After a thorough search of the existing methods for measuring these components, which appeared as more reliable and applicable to the population at issue were: for body composition and bone mass, anthropometry; for muscular endurance, weightlifting; for flexibility, flexitest adapted and for aerobic capacity, cycle ergometer. The revaluation will be done every two months.

LISTA DE ACRÓNIMOS

A.C. – Antes de Cristo
ADP - Adenosina Di-Fosfato
ATP - Adenosina Tri-Fosfato
AVC – Acidente vascular cerebral
BC - Dobra bicipital
CMS – Câmara Municipal do Seixal
CVM – Contração voluntária máxima
DAF - Défice Aeróbio Funcional
DC – Débito cardíaco
DC – Densidade corporal
DOC – Dobras cutâneas
FC – Frequência cardíaca
GC – Gordura corporal
ICA - Índice cintura-anca
IMC – Índice de massa corporal
MB – Metabolismo basal
MET – Valor médio do metabolismo em repouso
MG – Massa Gorda
MIG – Massa isenta de gordura
MR – Metabolismo em repouso
MR – Massa Residual
NMR – Número de repetições máximas
PA – Pressão Arterial
QR – Quociente Respiratório
RER – Respiratory Exchange Ratio
RV – Retorno Venoso
SE - Dobra Subescapular
SI - Dobra Suprailíaca
TR - Dobra Tricipital
VC – Volume Corrente
VE – Ventilação Minuto
VS – Volume Sistólico

LISTA DE SÍMBOLOS

VO₂ – consumo de oxigénio

VO₂max – consumo máximo de oxigénio

O₂ - oxigénio

PaO₂ – pressão parcial do oxigénio no sangue

FiO₂ - concentrações de oxigénio inspirado

FeO₂ - concentrações de oxigénio expirado

f - frequência respiratória

Kp – Kilopond

N - Newton

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Esquema da circulação sanguínea do corpo humano.</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 - gráficos da evolução da frequência cardíaca e a pressão arterial do sangue</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 - Respostas tensionais ao esforço.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 4 – Esquema legendado do aparelho respiratório.</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5 – Esquema de unidade motora</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6 - Estrutura molecular do ATP</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7 - Esquema representativo da via aeróbia.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 – Modelos bicompartimentais, tricompartimental e tetracompartimentais de composição corporal....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9 – Modelo de análise da composição corporal com cinco níveis</i>	<i>43</i>
<i>Figura 10 – Alterações da densidade, água e potássio corporal em função da idade.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 11 – Foto ilustrativa da colocação dos eléctrodos pelo método bioimpedância</i>	<i>45</i>
<i>Figura 12 - Diâmetro biepicondrialiano do úmero</i>	<i>58</i>
<i>Figura 13 - Diâmetro biepicondrialiano do fémur</i>	<i>59</i>
<i>Figura 14 – Interface principal do programa MoniSeixal</i>	<i>78</i>
<i>Figura 15 – Opções da selecção “Abrir existente”</i>	<i>78</i>
<i>Figura 16 – Opção “Procurar por número de registo”</i>	<i>78</i>
<i>Figura 17 – Interface “Resultado do inquérito”</i>	<i>80</i>
<i>Figura 18 – Interface “Medição da pressão arterial”</i>	<i>80</i>
<i>Figura 19 – Interface “Análises Bioquímicas”</i>	<i>81</i>
<i>Figura 20 – Exemplo de funcionamento da interface “Composição corporal”</i>	<i>82</i>
<i>Figura 21 – Exemplo de utilização da interface de avaliação cardiorrespiratória.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 22 – Exemplo de utilização da interface “Flexibilidade”.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 23 – Janela de visualização do movimento XVI – Adução Posterior do Ombro com 180° de Abdução ...</i>	<i>84</i>
<i>Figura 24 – Exemplo de utilização da interface “Avaliação da resistência muscular”</i>	<i>85</i>
<i>Figura 25 – Interface principal da terceira avaliação depois de efectuados todos os testes.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 26 – Exemplo de utilização do programa “Estatística por grupos”</i>	<i>86</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 - Relação entre a intensidade do exercício e o consumo de oxigénio.</i>	<i>6</i>
<i>Gráfico 2 - Efeito do tempo de treino e inactividade na quantidade de mitocôndrias no músculo-esquelético....</i>	<i>18</i>
<i>Gráfico 3 - Tempo de entrada em acção das vias anaeróbia e aeróbia e sua duração relativa.</i>	<i>25</i>
<i>Gráfico 4 - Treinabilidade aeróbia em função da idade e nível prévio de condição física.....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfico 5 – Curvas de comparação da frequência cardíaca em função do workload.</i>	<i>74</i>
<i>Gráfico 6 – Variação da frequência cardíaca máxima com a idade do individuo</i>	<i>74</i>
<i>Gráfico 8 – Estratificação da amostra por escalões etários</i>	<i>89</i>
<i>Gráfico 7 – Distribuição da amostra por sexo</i>	<i>89</i>
<i>Gráfico 9 – Estratificação da amostra pelo nível de instrução, habilitações literárias, dos indivíduos.....</i>	<i>90</i>
<i>Gráfico 10 – Situação profissional dos inquiridos.</i>	<i>91</i>
<i>Gráfico 11 - Estratificação dos seniores por existência de prática desportiva anterior.....</i>	<i>92</i>
<i>Gráfico 12 – Estratificação dos indivíduos por número de actividades praticadas.....</i>	<i>93</i>
<i>Gráfico 13 – Principais motivações e objectivos apontados pelos inquiridos</i>	<i>94</i>
<i>Gráfico 14 – Espírito desportivo dos inquiridos</i>	<i>94</i>
<i>Gráfico 15 – Evolução temporal do peso dos inquiridos</i>	<i>95</i>
<i>Gráfico 16 – Percentagens referentes à duração ideal de cada sessão de exercícios</i>	<i>96</i>

<i>Tabela 1 - Percentagem de redistribuição da volémia durante o esforço dinâmico.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 2 - Comparação do custo em MET's da corrida em tapete rolante e na rua em piso duro.</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 3 – Dias de vida ganhos com o exercício físico consoante a idade de início de actividade</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 4 – Componentes da condição física visadas neste projecto.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 5 – Equações de predição da densidade corporal através do método de cutâneas.</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 6 – Equações de conversão da DC em %GC consoante a idade, sexo e raça.</i>	<i>50</i>
<i>Tabela 7 – Equações a utilizar para a predição da gordura corporal dos seniores do Seixal.</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 8 – Metodologia de implementação da técnica dobras cutâneas.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 9 – Classificação geral dos indivíduos consoante o seu nível de IMC.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 10 – Intervalo de percentagens de massa gorda aceitável por faixa etária</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 11 – Quadro comparativo dos diferentes tipos de testes de resistência muscular</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 12 – Classificação da flexibilidade consoante o índice apresentado.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 13 – Resultados obtidos para o índice geral de flexibilidade no grupo de teste</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 14 – Classificação da flexibilidade consoante o índice geral de flexibilidade dos seniores do Seixal</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 15 - Tabela de comparação entre os vários ergómetros apresentados</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 16 – Classificação da aptidão física para várias faixas etárias, consoante o valor de VO_{2max}.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabela 17 – Parâmetros do historial clínico e respectiva percentagem de respostas.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabela 18 – Média, dp e variância dos vários parâmetros referentes aos hábitos dos ex-fumadores.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabela 19 – Dados referentes à percentagem e número de indivíduos que sofrem de diabetes.....</i>	<i>92</i>
<i>Tabela 20 – Média, dp e variância da classificação atribuída pelos inquiridos às actividades física</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 21 - Média, dp e variância da classificação atribuída pelos inquiridos aos ambientes.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 22 – Dados percentuais referentes ao consumo de líquidos, alimentação ajustada ao exercício e frequência regular de saunas.</i>	<i>96</i>

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 – OS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, RESPIRATÓRIO E MUSCULAR E A ACTIVIDADE FÍSICA.	4
2.1 – O sistema cardiovascular.....	4
2.1.1- Respostas agudas à actividade física.....	5
2.1.1.1 - Consumo de oxigénio e débito cardíaco	6
2.1.1.2 - Frequência cardíaca e esforço.....	7
2.1.1.3 - Resposta do volume sistólico.....	7
2.1.1.4 - Resposta da pressão arterial	8
2.1.1.5 – Redistribuição do volume de sangue.....	8
2.1.1.6 - Exercício dos membros superiores vs exercícios membros inferiores.....	9
2.1.2- Adaptações crónicas - Frequência cardíaca	10
2.1.3-Adaptações crónicas - Volume sistólico	11
2.1.4 – Adaptações crónicas - Débito cardíaco	11
2.2 - O Aparelho Respiratório.....	11
2.2.1 - Transporte do Oxigénio	12
2.2.2 - Transporte do Dióxido de Carbono.....	13
2.2.3 - Conceito de consumo de oxigénio	13
2.2.4 - A função respiratória e o exercício físico	13
2.2.5 - Adaptações crónicas da função respiratória ao esforço	14
2.3 - O Sistema Muscular.....	15
2.3.1 - Contracção muscular e unidades motoras.....	16
2.3.2 - O sistema muscular e o exercício físico.....	17
2.3.2.1 - Respostas e adaptações ao treino aeróbio e anaeróbio.....	17
4.3.2.1 - Respostas e adaptações ao treino de força	18
2.4 – Bioenergética do exercício	20
2.4.1 - Produção de energia - ATP	20
2.4.1.1 - Via aeróbia.....	21
2.4.1.2 - Falta de oxigénio.....	22
2.4.1.4 -Limiar anaeróbio.....	25
2.4.2 - Consumo de energia.....	25
2.4.2.1 - Metabolismo Basal e Metabolismo em repouso	26
2.4.3 - Termogénese	27
2.4.4 - Consumo de energia com o exercício físico	27
2.4.4.1 – O cálculo do consumo de oxigénio durante a actividade física.....	29

Capítulo 3 – A actividade física no idoso	33
3.1 - Alterações fisiológicas do envelhecimento.....	33
3.2 – Serão os idosos treináveis?.....	35
3.2.1 – Que tipo de esforços podem os idosos fazer?.....	36
3.3 – Saúde, qualidade de vida e longevidade.....	36
Capítulo 4 - Avaliação da condição física.....	38
4.1 – Avaliação clínica – questionário clínico	38
4.1.1 - Actividades físicas aconselhadas e contra-indicações	38
4.1.2 – Hábitos medicamentosos e estilos de vida	39
4.1.3 – Inquérito	40
4.2 – Exames complementares – análises clínicas	40
4.3 – Avaliação da condição física.....	41
4.3.1 - Componente Morfológica – Avaliação da composição corporal	41
4.3.1.2 – Métodos de avaliação	42
4.3.1.2 - Métodos não laboratoriais - Bioimpedância	45
4.3.1.3 – Métodos não laboratoriais - Antropometria	46
4.3.1.4 - Fraccionamento da composição corporal.....	53
4.3.1.4 - Definição e cálculo de massa ideal – fórmula associada ao IMC	55
4.3.1.5 – Metodologias de implementação.....	56
4.3.1.6 – Classificação dos indivíduos consoante a sua composição corporal	59
4.3.2 – Componente Muscular	61
4.3.2.1 – Testes existentes e teste escolhido.....	62
4.3.2.1 – Metodologia de avaliação - Membros superiores.....	64
4.3.3 – Flexibilidade.....	65
4.3.3.1 - Testes para avaliação da flexibilidade	65
4.3.3.2 – Metodologia de implementação	66
4.3.3.3 – Valores normativos	67
4.3.4 – Avaliação Cardiorrespiratória	68
4.3.4.1 - Protocolos para avaliação cardiorrespiratória através do cicloergómetro.....	73
4.3.5 - Metodologia de implementação	74
4.3.6 - Valores normativos	75
Capítulo 5 – Interface de Monitorização da condição física	77
5.1 – Interface Principal - MoniSeixal	78
5.1.1 – Cabeçalho e Rodapé	78
5.1.2 – Ficha de Registo	79
5.1.3 – Avaliação física	79

5.1.3.1 - Resultados do inquérito.....	79
5.1.3.2 - Medição da pressão arterial.....	80
5.1.3.3 - Análises Bioquímicas.....	81
5.1.3.4 - Composição Corporal	81
5.1.3.5 - Avaliação Cardiorrespiratória.....	83
5.1.3.6 - Flexibilidade	84
5.1.3.7 - Avaliação da resistência muscular	85
5.1.4 - Evolução do avaliado	85
5.2 – Interface principal “Estatística por grupos”	86
Capítulo 6 - Resultados dos Inquéritos	88
6.1 – Caracterização Sociodemográfica	88
6.1.1 – Sexo.....	88
6.1.2 – Idade	89
6.1.3 – Nível de instrução.....	89
6.1.4 – Situação Ocupacional	90
6.2 – História Clínica	91
6.3 – Passado desportivo	92
6.4 – Motivações, espírito desportivo e evolução temporal do peso.....	93
6.4.1 – Motivações e objectivos	93
6.4.2 – Espírito desportivo	94
6.4.3 – Evolução temporal do peso	94
6.5 - Actividades físicas e ambiente de treino preferidos.....	95
6.6 - Hábitos desportivos e estilos de vida	96
Capítulo 7 – Conclusão e perspectivas futuras.....	98
Bibliografia	100

CAPÍTULO 1- INTRODUÇÃO

Segundo Hipócrates – 420AC: *“A manutenção da saúde assenta no contrariar a tendência para a redução do exercício. Não existe nenhuma forma de substituir o exercício, porque com o exercício o calor sobe naturalmente e todas as substâncias supérfluas são expelidas, enquanto que em repouso o calor baixa e as substâncias supérfluas são geradas no corpo, mesmo se os alimentos são da melhor qualidade e em quantidade moderada. E o exercício também expelle o mal feito pela maior parte dos maus regimes que a maioria dos homens segue”*.

Numa nova era e tantos séculos depois, o Homem rejeita esta “filosofia” refugiando-se em hábitos medicamentosos e adoptando uma postura sedentária em detrimento do exercício físico.

Segundo o portal da saúde do ministério da saúde português, em Portugal mais de 60% dos adultos não efectuem os níveis suficientes de actividade física benéficos para a saúde, sendo o sedentarismo mais prevalente nas mulheres, idosos, indivíduos de grupos socioeconómicos baixos e nos indivíduos com incapacidades. Segundo o mesmo portal: “o sedentarismo está a ocupar grande parte do tempo das pessoas e daí as consequências na saúde serem tão significativas”. [1]

Mesmo as actividades físicas diárias têm vindo a minimizar com o passar do tempo e os avanços tecnológicos. As escadas foram substituídas pelos elevadores e escadas/tapetes rolantes, as distâncias anteriormente percorridas a pé foram sendo substituídas pelo carro e transportes públicos, a televisão e a informática tornaram as pessoas mais caseiras passando demasiadas horas sentadas sem despenderem qualquer tipo de energia.

Se pensarmos na velhice, para além destes factores existe ainda a crença, errada, de que com o processo de envelhecimento se deve diminuir a intensidade e regularidade da actividade física e de que são maiores os riscos que os benefícios.

Estima-se que em todo o mundo o sedentarismo seja causador de um milhão e 900 mil mortes e ainda a causa de 10-16% do cancro da mama, cólon e recto, diabetes *mellitus* e de cerca de 22% da doença cardíaca isquémica [1]. No que comporta à doença cardiovascular, o risco de se vir a sofrer de uma, aumenta 1,5 vezes nos indivíduos que não seguem as recomendações mínimas para a actividade física [1]. Se pensarmos ainda na obesidade deparamo-nos com um rápido aumento de indivíduos com excesso de peso, sendo que nos países desenvolvidos é cada vez mais acentuada a obesidade infantil.

A prática disciplinada e regular de actividade física beneficia homens e mulheres, de todas as idades e etnias, social, mental e fisicamente. Estes benefícios são inquestionáveis, de uma forma resumida e relatando mais uma vez o portal nacional de saúde:

Fisicamente, a prática de exercício reduz o risco de morte por doenças cardíacas ou AVC, o risco de um possível desenvolvimento de cancro do cólon do útero e diabetes tipo 2; ajuda a prevenir/reduzir a hipertensão e a osteoporose, a controlar o peso, diminuindo o risco de obesidade; ajuda o crescimento e manutenção de ossos, músculos e articulações saudáveis e apresenta ainda um papel fundamental na prevenção e controlo de comportamentos de risco (tabagismo, alcoolismo, toxicofilias, alimentação não saudável e violência), especialmente em crianças e adolescentes. [1]

Em termos psicológicos, melhora os estados de humor contribuindo para a redução da tensão, depressão, raiva e confusão e ainda para a redução de stress e reforço da auto-estima e auto-conceito. [1]

Além dos benefícios que a actividade física regular proporciona aos indivíduos ocorrem ainda benefícios sociais, económicos e ambientais:

Economicamente, ao promover a saúde e reduzir o aparecimento de certas doenças, a actividade física contribui para a redução dos custos dos sistemas de saúde e para o aumento da produtividade. Um exemplo claro no caso dos custos de saúde é o da diabetes, segundo dados do primeiro relatório anual do Observatório Nacional da Diabetes, os custos de tratamento desta doença ultrapassaram os mil milhões de euros em 2008. [2]

Socialmente, o exercício colectivo potencia o contacto entre indivíduos, estabelecendo relações de cooperação e redução de comportamentos anti-sociais e de isolamento e *ambientalmente* proporciona uma maior utilização dos espaços exteriores disponíveis, potencializando a utilização de certas áreas e reabilitação de outras e contribui para a protecção do ambiente e o contacto com a natureza.

Felizmente, tem-se assistido nos últimos anos a uma crescente preocupação das entidades públicas na promoção da actividade física, especialmente nos idosos, prova disso são os programas de actividade física específicos para esta faixa etária como “*No Porto a vida é longa*”, “*Mexa-se Mais - actividade física para pessoas idosas no concelho de Oeiras*”, “*Coimbra Sénior*” ou ainda, além-fronteiras, “*Healthy People*” (Inglaterra) e “*Active Living*” (Canadá).

Neste sentido, a Câmara Municipal do Seixal decidiu dar um passo em frente e criar, através de diversas parcerias, um programa de actividade física que fosse ao encontro das características físicas e clínicas de cada indivíduo, no fundo, um plano individualizado e não geral como os apresentados anteriormente. O presente projecto nasce de uma dessas parcerias, desenvolvida entre esta entidade pública e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A optimização dos métodos para a avaliação física inicial dos habitantes seniores, de modo a prescrever o mais ajustado plano individualizado de exercícios, e a reavaliação periódica como meio de monitorização da sua evolução são os principais objectivos atingir.

Para o encadeamento dos diversos conceitos associados ao trabalho desenvolvido, partiu-se de uma lógica de evolução crescente na especificidade temática, começando por se abordar conceitos gerais, pouco específicos mas relevantes para a compreensão deste projecto, prosseguindo-se para conceitos particulares, directamente ligados aos objectivos apresentados no parágrafo anterior.

Assim, no capítulo 2 introduzem-se conceitos associados aos sistemas cardiovascular, respiratório e muscular e à fisiologia do exercício, uma vez que estes sistemas constituem a base de ocorrência de todas as transformações fisiológicas do exercício físico.

Seguidamente, no capítulo 3, apresentam-se as diversas alterações fisiológicas que ocorrem com o envelhecimento e a sua repercussão na capacidade dos idosos em praticar exercício físico.

O capítulo 4 assenta nos diversos métodos de avaliação da condição física, escolhidos a partir de uma revisão bibliográfica aos vários protocolos existentes. Os parâmetros que levaram à escolha de cada um, a metodologia de implementação e valores normativos para cada componente de avaliação da aptidão física são também apresentados neste capítulo.

No capítulo seguinte – capítulo 5 – apresentam-se os dois programas executáveis, criados a partir da interface GUIDE do Matlab, o produto final deste projecto, e que são a ferramenta de monitorização da evolução física e clínica dos indivíduos e de estatística comparativa entre os diversos grupos escolhidos pelo utilizador.

O penúltimo capítulo comporta os resultados do questionário, apresentado e justificado no capítulo 4, levado a cabo junto dos seniores inscritos nas diversas associações.

Finaliza-se a presente tese de dissertação com as considerações finais ao projecto e perspectivas futuras de possíveis aplicações em diversas áreas.

CAPÍTULO 2 – OS SISTEMAS CARDIOVASCULAR, RESPIRATÓRIO E MUSCULAR E A ACTIVIDADE FÍSICA

O exercício físico provoca uma série de respostas fisiológicas, resultantes de adaptações anatómicas e hemodinâmicas que vão influenciar principalmente o sistema cardiovascular, respiratório e muscular.

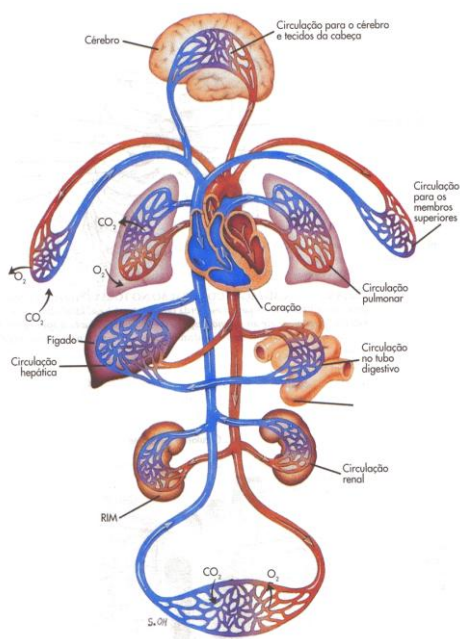
Na primeira parte do presente capítulo pretende-se abordar de uma forma resumida a anatomia e funcionamento destes três sistemas corporais que servem de suporte a todo o exercício físico e as alterações fisiológicas que ocorrem com a sua prática. A segunda assentará na bioenergética do exercício, como se obtém e como se consome a energia.

2.1 – O sistema cardiovascular

Para que o metabolismo funcione correctamente, as células necessitam de um constante suplemento de alimento e oxigénio molecular. A função básica do sistema cardiovascular, um sistema fechado constituído por vasos e por uma bomba precursora, o coração, é levar o material nutritivo e o oxigénio necessário a essas células. De uma forma bastante resumida fazem parte:

- O Sangue – consiste em plasma e células sólidas (glóbulos vermelhos, brancos e plaquetas)
- Os Vasos sanguíneos (sistema vascular) - “canais” (artérias, veias, capilares) através dos quais o sangue é movido dos e para os tecidos. No total, medem cerca de 100 mil quilómetros.
- O Coração - é a bomba muscular que move o sangue, um órgão muscular, constituído por quatro cavidades e que apresenta no adulto o tamanho aproximado de um punho fechado, cerca de 12cm de comprimento, 9 cm de largura (na sua parte mais ampla) e 6 cm de espessura pesando em média 250g nas mulheres e 300gr nos homens. [3]

Existem dois tipos de circulação do sangue: a pulmonar e a sistémica.



A circulação pulmonar leva, através das artérias pulmonares, o sangue do ventrículo direito do coração para os pulmões e destes de volta à aurícula esquerda através das veias pulmonares. O sangue pobre em oxigénio é transportado para os pulmões onde liberta dióxido de carbono e recebe oxigénio, uma vez oxidado, retorna o lado esquerdo do coração para ser bombeado para a circulação sistémica [3].

A circulação sistémica é a maior circulação fornecendo o suprimento sanguíneo para todo o organismo, com excepção dos pulmões. O ventrículo esquerdo impulsiona o sangue através da aorta, das artérias sistémicas e dos capilares e, de volta ao coração, através das veias. Através desta circulação o sangue carrega oxigénio e outros nutrientes vitais para as células e capta

Figura 1- *Esquema da circulação sanguínea do corpo humano.* [4]

destas o dióxido de carbono e outros resíduos.

O volume de sangue bombeado para a circulação sistémica por unidade de tempo é o débito cardíaco, o produto entre a frequência cardíaca e o volume de sangue bombeado em cada contracção, volume sistólico. Em termos analíticos:

$DC = FC \times VS$	(1)
---------------------	-----

Admitindo um adulto médio, saudável e em repouso, com 80 batimentos por minuto e 70 mililitros de sangue bombeado a cada batimento, este valor é de 5.600 ml/min (5.6 l/min). Apesar de este ser o valor típico, há diversos factores que podem levar a outros valores podendo o débito cardíaco atingir o 30 litros/min durante exercícios extremos. [3]

À sequência de factos que acontecem a cada batimento cardíaco dá-se o nome de ciclo cardíaco, ou seja, ciclicamente o coração contrai-se e relaxa. Ao contrair-se, o coração ejecta o sangue para as artérias, a sístole, quando relaxa recebe o sangue proveniente das veias, a diástole.

Durante a fase diastólica os ventrículos direito e esquerdo enchem-se de sangue proveniente das respectivas aurículas. À medida que os ventrículos vão enchendo, a corrente sanguínea diminui a sua velocidade o que provoca um aumento da pressão em cada um dos ventrículos. Quando a pressão dos ventrículos igualar a pressão das aurículas atinge-se o equilíbrio e as válvulas tricúspide (que liga a aurícula e o ventrículo direitos) e mitral (que liga a aurícula e o ventrículo esquerdos) fecham. Neste momento os músculos ventriculares contraem-se aumentando ainda mais a pressão existente nos ventrículos.

Quando a pressão no ventrículo esquerdo superar a pressão existente no ramo ascendente da aorta e quando a pressão no ventrículo direito exceder a pressão na artéria pulmonar, a válvula aórtica e a válvula pulmonar abrem-se e o sangue é impulsionado para a aorta e os pulmões respectivamente. É a fase sistólica.

A ejeção continua até que a desaceleração da corrente sanguínea conduza novamente a um aumento de pressão provocando o fecho das válvulas, quando isso acontece os músculos relaxam e a pressão diminui iniciando-se novamente a fase diastólica.

À pressão exercida pelo sangue contra a superfície interna das artérias dá-se o nome de pressão, ou tensão, arterial. Esta pressão é considerada normal quando a pressão sistólica (máxima) não ultrapassar 130mmHg e a diastólica (mínima) for inferior a 85 mmHg, no entanto não existe uma combinação precisa de medidas para se estipular o valor de pressão óptimo. [3]

2.1.1- Respostas agudas à actividade física

Quando um indivíduo inicia uma actividade física e entra em esforço, ocorrem no seu organismo alterações como o aumento da frequência cardíaca, a sudação, a polipneia, o aumento de VO₂, etc. Estas alterações que se manifestam apenas durante e nos momentos seguintes ao esforço, são chamadas de respostas agudas ao exercício.

As respostas agudas ocorrem tanto em indivíduos treinados como em indivíduos não treinados, no entanto com o treino repetido vão surgindo lentamente alterações que tornam o indivíduo cada vez mais habilitado para o desporto que treina.

2.1.1.1 - Consumo de oxigénio e débito cardíaco

O conceito de consumo de oxigénio é um dos mais importantes em fisiologia do esforço e pode ser definido conceptual ou operacionalmente.

Em termos conceptuais, consumo de oxigénio é a quantidade de oxigénio que o indivíduo consegue captar e metabolizar durante a actividade física. O consumo de oxigénio (VO_2) depende de factores como a idade, o sexo e a constituição corporal. A definição conceptual apresenta-se mais à frente.

Como exemplifica o gráfico seguinte, à medida que o esforço se torna mais intenso o VO_2 vai subindo linearmente até chegar a um patamar que não consegue ultrapassar apesar de um novo aumento de intensidade de esforço, este valor é o consumo máximo de oxigénio ($\text{VO}_{2\text{max}}$). Importa salientar que o $\text{VO}_{2\text{max}}$ depende da quantidade de massa muscular envolvida no esforço e que este é superior nos músculos habitualmente solicitados para actividades físicas quando comparados aos músculos não treinados.

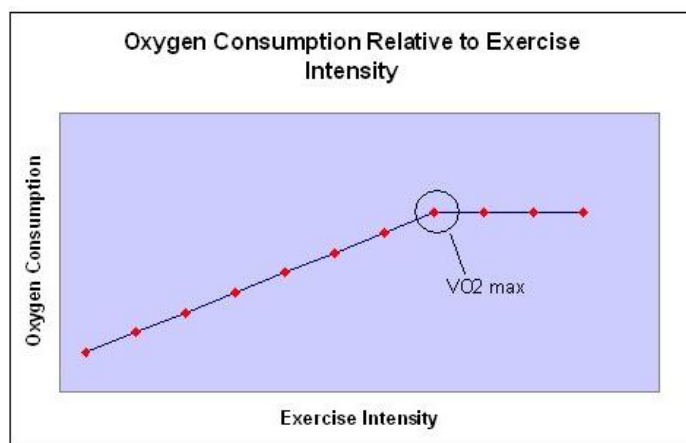


Gráfico 1 - Relação entre a intensidade do exercício e o consumo de oxigénio. [5]

Outra das respostas agudas ao esforço prende-se com o débito cardíaco. Como visto anteriormente, o débito cardíaco é o produto entre a frequência cardíaca e o volume sistólico, ou seja, para uma mesma intensidade de esforço a FC é tanto menor quanto maior o VS.

Enquanto o exercício for aeróbio, o débito cardíaco e o VO_2 gozam de uma relação linear e para cada litro de aumento de VO_2 o DC aumenta cerca de 5 a 6 litros. Quando o exercício se torna predominantemente anaeróbio, entrando-se em anaerobiose, deixa de haver paralelismo entre os dois passando a relacionar-se de acordo com a *Equação de Fick*. [6]

$$\dot{\text{V}}\text{O}_2 = \text{Débito cardíaco (DC)} \times \text{Diferença artério – venosa de oxigénio (A – } \dot{\text{V}}\text{O}_2) \quad (2)$$

Em repouso o débito cardíaco é de 5 litros por minuto e a diferença artério-venosa de 5 ml de oxigénio por 100 ml de oxigénio, em esforço máximo este valor de DC pode subir 5 vezes mais num jovem ou adulto jovem. [6]

A regulação do débito cardíaco passa pela regulação intrínseca e extrínseca da frequência cardíaca e do volume sistólico.

2.1.1.2 - Frequência cardíaca e esforço

A FC cardíaca é intrinsecamente comandada pela velocidade de despolarização do nodo sinusal que, sem influências extrínsecas, é de 70, 80 despolarizações por minuto. Durante o esforço a FC é regulada extrinsecamente pelo sistema nervoso vegetativo aumentando o tónus simpático e diminuindo o tónus basal. [6]

Tal como o débito cardíaco, também a FC cardíaca aumenta linearmente com o esforço aeróbio e quando se atinge o VO_2 máx atinge-se a FC máxima.

Num esforço sub-máximo e de intensidade constante a frequência cardíaca sobe durante um ou dois minutos até se manter estável, o chamado estado estacionário (*steady state*) da FC. Quanto mais intenso o esforço mais tempo a FC demora atingir este estado. Com o exercício físico regular e consequente melhoria da capacidade aeróbia, a FC diminui para uma mesma intensidade de esforço, possibilitando um maior volume sistólico.

A frequência máxima atingida por um indivíduo não é certa mas, em média, ela pode ser determinada por duas fórmulas, válidas a partir da adolescência [7]:

$$FC_{max} = 220 - Idade \text{ em anos } \pm 12 \quad (3)$$

$$FC_{max} = 220 - (0,5 \times Idade \text{ em anos}) \pm 12 \quad (4)$$

A fórmula (3) é a mais usada, no entanto por vezes ela subestima a FC_{max} de alguns indivíduos, quando isso se verifica usa-se a fórmula (4).

Quando a actividade física é aquática as fórmulas anteriores sofrem um ajuste de menos 10 a 13 batimentos por minuto, isto acontece porque para uma mesma intensidade de esforço a FC sobe menos dentro de água¹.

Há que salientar que existe uma grande variabilidade inter-individual em relação à FC_{max} atingível e que apesar das fórmulas se aplicarem aos dois sexos com o mesmo grau de erro, para as mesmas cargas de esforço sub-máximo as mulheres atingem maior FC. As razões são apresentadas no seguinte subcapítulo.

2.1.1.3 - Resposta do volume sistólico

O volume sistólico é intrinsecamente regulado pelo retorno venoso, as resistências periféricas e o estado inotrópico do miocárdio² e extrinsecamente pelo sistema nervoso vegetativo. [6]

Em repouso, o VS e a superfície corporal estão directamente relacionados e por isso o seu valor médio nos homens (70 a 80ml/min) é superior relativamente ao das mulheres (50 a 70ml/min), assim para uma mesma intensidade de esforço aeróbio as mulheres atingem valores mais elevados de frequência cardíaca.

¹ Isto acontece porque a água facilita a termorregulação pois arrefece o corpo fazendo diminuir a necessidade do débito sanguíneo da pele exigindo menos débito cardíaco; a pressão hidrostática facilita o retorno venoso, para um mesmo débito cardíaco a subida da FC é menor; o retorno venoso é favorecido se a actividade for praticada na horizontal como o caso da natação.

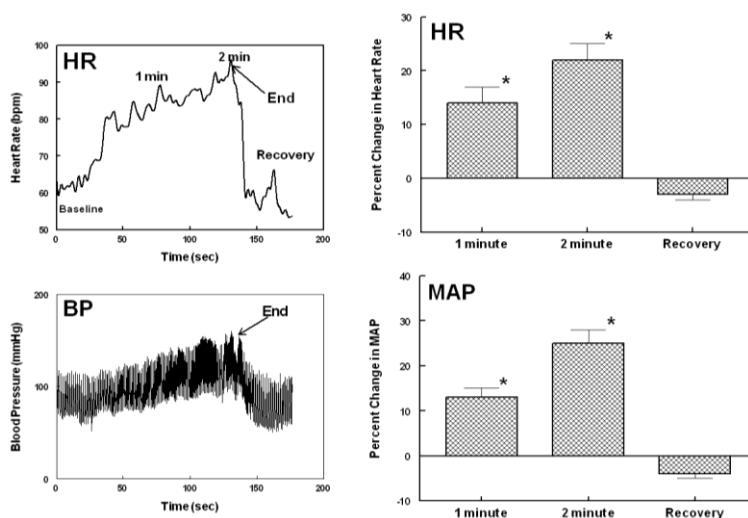
² O estado inotrópico cardíaco diz respeito à quantidade de Ca^{2+} disponível no citoplasma para a contracção, esse Ca^{2+} é que define a força de contracção que a fibra cardíaca irá desenvolver

Tal como o DC e a FC também o volume sistólico aumenta paralelamente à intensidade do esforço, no entanto isso só se verifica até 50% do valor de $VO_2\max$, a partir deste ponto o aumento do DC passa a dever-se apenas ao aumento da FC. Isto acontece porque em repouso a diástole ocupa 2/3 do ciclo cardíaco e a sístole 1/3, há medida que a FC cardíaca vai aumentando o ciclo cardíaco vai-se tornando cada vez mais curto pois o tempo diastólico vai diminuindo. Ao diminuir o tempo de enchimento do ventrículo o volume sistólico já não pode aumentar mais ficando o aumento do débito cardíaco inteiramente dependente do aumento da frequência cardíaca. [6]

2.1.1.4 - Resposta da pressão arterial

Nos exercícios aeróbios gerais dinâmicos, a pressão sistólica aumenta em função do aumento do débito cardíaco (note-se que neste tipo de exercícios o DC aumenta sem o aumento das resistências periféricas), dependendo este aumento da intensidade do esforço. São frequentes

pressões sistólicas até 180mmHg verificando-se pouca ou nenhuma alteração dos valores da pressão diastólica.



Nos esforços sub-máximos e de intensidade constante a pressão arterial, tal como a FC, também atinge um *steady state*. Quando estes esforços são prolongados a pressão sistólica pode ir baixando gradualmente mas a diastólica manter-se-á sempre dentro dos mesmos valores.

Figura 2 - Os gráficos à esquerda mostram a evolução da frequência cardíaca (gráfico superior) e a pressão arterial do sangue (gráfico inferior) durante um exercício isométrico “grip”, os gráficos à direita apresentam a percentagem média de variação. [8]

Em exercícios de força, desde que se trabalhe acima dos 50% da força máxima, as resistências periféricas aumentam e tanto a pressão sistólica como a diastólica sofrem aumentos acentuados. Em adultos e jovens normotensos³ praticantes frequentes de exercícios de força intensos encontram-se valores sistólicos acima dos 300mmHg e diastólicos acima dos 130mmHg. [6]

2.1.1.5 – Redistribuição do volume de sangue

O volume total normal de sangue que circula num individuo sedentário é de 5l a 6l, dependendo da área corporal, no entanto o nosso sistema vascular tem capacidade para muito mais.

Ao volume de sangue que passa num vaso sanguíneo em um minuto chama-se fluxo. Numa artéria este fluxo é directamente proporcional ao gradiente de pressão entre as suas extremidades e inversamente proporcional à resistência (que por sua vez depende da

³ Consideram-se pessoas normotensas as que apresentam em repouso valores normais de pressão arterial.

viscosidade do sangue, do comprimento do vaso e da sua secção) que ela oferece à passagem do sangue.

Apesar do comprimento dos vasos sanguíneos ser constante, a sua secção depende do estado de constrição ou dilatação que eles apresentam, isto é, da vasoconstrição ou da vasodilatação.

Em 1844 *Jean Poiseuille* (1797-1869), um médico e físico francês, estabeleceu a lei conhecida como *lei de Poiseuille* e que relaciona os factores apresentados :

$$\text{Fluxo} = \frac{\text{Gradiente} \times \text{Raio}^4}{\text{Comprimento} \times \text{Viscosidade}} \quad (5)$$

A quarta potência do raio a que o fluxo está directamente relacionado, explica porque pequenas variações de secção nos vasos influenciam em grande escala o valor do fluxo. Como o sangue privilegia os *territórios arteriais* que oferecem menor resistência é este jogo de constrição e dilatação que orienta o rumo do fluxo.

Em repouso, a maior parte do débito cardíaco é direccionado para os órgãos que asseguram as funções vitais como o fígado e os rins, já durante o exercício as necessidades de sangue nos músculos que estão a ser utilizados podem aumentar até 80 vezes. A volémia e o DC são redistribuídos de modo a corresponder às necessidades dos músculos em esforço. [6]

	Repouso	Esforço
Fígado	20-25%	3-5%
Circulação coronária	4-5%	4-5%
Rins	20%	2-4%
Músculos	15-20%	80-85%
Cérebro	15%	3-4%

Tabela 1 - Percentagem de redistribuição da volémia durante o esforço dinâmico. adap de [9]

2.1.1.6 - Exercício dos membros superiores vs exercícios membros inferiores

Dada a diferença de massa muscular entre os membros superiores e inferiores, as repercussões cardiovasculares ao exercício entre os dois grupos de membros são diferentes.

Em esforços de carga sub-maxima igual, os membros superiores provocam maiores subidas de pressão arterial e frequência cardíaca que os membros inferiores. [6] A maior massa muscular dos membros inferiores faz com que a totalidade do trabalho seja dividido por um maior número de fibras e portanto cada fibra está a trabalhar a uma menor percentagem da sua contracção voluntária máxima (a resposta tensional ao esforço depende da percentagem da CVM atingida).

O mesmo acontece relativamente ao consumo de oxigénio que é maior quando o esforço é efectuado pelos membros superiores pois o esforço destes membros implica uma contracção simultânea dos músculos da parede torácica, contracção esta com um custo de oxigénio.

Estas diferenças são essenciais em indivíduos hipertensos ou com patologias cardíacas. Os exercícios para este grupo de indivíduos devem assim privilegiar os membros inferiores que originam menos exigências cardíacas e menores subidas tensionais.

Em esforços máximos, uma vez que a frequência cardíaca máxima é atingida quando se atinge o VO_{2max} , nos indivíduos treinados são necessários esforços mais intensos para ela ser atingida. A FC máxima não diminui com treino aeróbio moderado.

2.1.3-Adaptações crónicas - Volume sistólico

Se, como apresentado anteriormente, o volume sistólico de um indivíduo sedentário em repouso pode variar entre os 70 a 80ml/min nos homens e 50 a 70ml/min nas mulheres já num atleta de elite esse valor (em repouso) pode atingir os 100ml/min. Em esforços máximos, enquanto num jovem sedentário o seu valor se eleva para 110 a 115ml/min, o VS de um atleta de elite pode alcançar os 170 ml/min, tendo-se já observado valores de 200 ml/min. Em indivíduos saudáveis o treino leva a um aumento da volémia, esta por sua vez leva a um aumento do retorno venoso (RV) o que promove uma maior distensão cardíaca e portanto um maior volume sistólico. [11]

2.1.4 – Adaptações crónicas - Débito cardíaco

O treino de *endurance*⁴ é o tipo de treino que conduz a maiores aumentos de DC, verificando-se em atletas de elite débitos de 30 a 40 litros em esforço máximo, cerca de 6 a 8x o débito cardíaco máximo de um adulto saudável. [12]

Independentemente do nível de treino de um indivíduo, uma mesma carga de esforço requer o mesmo débito cardíaco, no entanto num indivíduo treinado esse DC representa uma menor fracção do DC máximo.

2.2 - O Aparelho Respiratório

O sistema respiratório e o sistema cardiovascular trabalham em conjunto, são dois sistemas acoplados, complementares. Não se pode falar de um sem mencionar o outro uma vez que é o sangue que transporta o oxigénio, colectado pelo aparelho respiratório, para todas as partes do corpo.

O sistema respiratório humano é o conjunto de órgãos que se responsabiliza pela entrada, filtração, aquecimento, humidificação e saída do ar e é constituído por um par de pulmões e pelos vários órgãos que conduzem o ar para dentro e para fora das cavidades pulmonares: as fossas nasais, a faringe, a laringe, a traqueia, os brônquios, os bronquíolos e os alvéolos pulmonares.

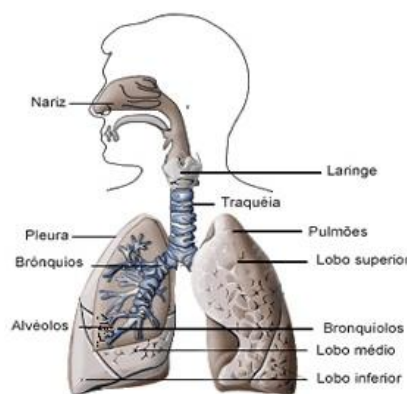


Figura 4 – Esquema legendado do aparelho respiratório. [13]

Os pulmões humanos são órgãos esponjosos de aproximadamente 25 cm de comprimento que se localizam na cavidade torácica. São envolvidos por uma membrana denominada pleura e são o principal órgão do aparelho respiratório, responsável pelas trocas gasosas. Nos pulmões encontram-se os brônquios que se ramificam dando origem a tubos de calibre cada vez menor, os bronquíolos. O conjunto de bronquíolos, altamente ramificados, é

⁴ Entendem-se por treinos de *endurance* treinos de resistência.

a árvore respiratória (ou brônquica). Cada bronquíolo termina em pequenas bolsas epiteliais achatadas cobertas por capilares sanguíneos, os alvéolos pulmonares.

A base de cada pulmão está apoiada no diafragma, um órgão músculo-membranoso que separa o tórax do abdómen e que juntamente com os músculos intercostais promovem os movimentos respiratórios.

Na inspiração dá-se a contracção da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais, o diafragma baixa e as costelas elevam-se aumentando a caixa torácica e assim reduzindo a pressão interna em relação à pressão externa forçando o ar a entrar nos pulmões. Já na expiração os músculos do diafragma e os intercostais relaxam, o diafragma eleva-se, as costelas baixam diminuindo o volume da caixa torácica e assim aumentando a pressão interna forçando o ar a sair dos pulmões.

Do sistema respiratório fazem ainda parte as fossas nasais, a faringe, a laringe e a traqueia, que, de uma forma resumida, têm como funções, respectivamente: filtrar, humedecer e aquecer o ar; servir como canal comum à passagem de ar e alimento; actuar como passagem de ar durante a respiração, produz som e impedir que o alimento e objectos estranhos entrem nas estruturas respiratórias; aderir partículas de poeira e bactérias presentes no ar inalado.

2.2.1 - Transporte do Oxigénio

É através deste sistema que o oxigénio chega da atmosfera aos alvéolos e destes ao sangue. Há duas maneiras de este oxigénio ser transportado: fisicamente dissolvido no plasma e quimicamente ligado à hemoglobina.

Apesar de apenas uma pequena quantidade, cerca de 0,3ml de O₂ por 100 ml de plasma ser transportada por esta via, e de que esta quantidade apenas serviria para manter os processos vitais por 4 segundos⁵, ela é importante pois determina a pressão parcial do oxigénio no sangue, a PaO₂, que constituiu um determinante fundamental da função da hemoglobina.

Assim, maioritariamente o transporte do oxigénio está a cargo da hemoglobina, uma proteína presente nos glóbulos vermelhos. Cada molécula de hemoglobina tem a capacidade de transportar até 4 moléculas de oxigénio e quando isso acontece a molécula de hemoglobina diz-se saturada de oxigénio [14]. Nesta situação de saturação cada grama de hemoglobina pode transportar 1,34ml de oxigénio, como existem cerca de 15 a 16 gramas de hemoglobina por cada 100ml de sangue então em saturação este volume de sangue transportará 15gr x 1,34ml, ou seja, 20 ml de oxigénio.

Nos alvéolos pulmonares o oxigénio do ar difunde-se para os capilares sanguíneos e penetra nos glóbulos vermelhos onde se combina com a hemoglobina. Nos tecidos ocorre o processo contrário, o oxigénio dissocia-se da hemoglobina e difunde-se no espaço intersticial atravessando a membrana celular, uma vez no citoplasma e para facilitar a sua travessia até a mitocôndria, ele une-se à mioglobina⁶.

⁵ Poderia ser mais se o débito cardíaco fosse de 80 litros/minuto em repouso

⁶ A mioglobina é uma substância aparentada com a hemoglobina mas com uma única cadeia proteica e uma só bolsa de ligação ao oxigénio.

Em repouso os tecidos captam cerca de 5ml de oxigénio por cada 100 ml do sangue que passa por eles, quando se encontram sob exercício intenso captam no máximo, num indivíduo não treinado, 15 ml por cada 100ml de sangue.

2.2.2 - Transporte do Dióxido de Carbono

O dióxido de carbono é eliminado do nosso corpo através da ventilação dos pulmões, onde chega através do sangue.

A maioria do dióxido de carbono, 75%, encontra-se no plasma sob a forma de ácido carbónico, 20% encontra-se ligado a proteínas, formando compostos carbaminados e os restantes 5% encontram-se dissolvido no plasma determinando a pressão parcial de dióxido de carbono no plasma. [15]

O dióxido de carbono ao reagir com a água ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) regenera em ácido carbónico (H_2CO_3). Devido à elevada instabilidade deste ácido ele tende a dissociar-se de acordo com a seguinte equação:



Segundo a lei de acção das massas, uma lei fundamental da química que estabelece que a velocidade à qual uma reacção química tem lugar é directamente proporcional ao produto das massas activas dos reagentes, ou seja, a sua concentração molar, nos tecidos onde há formação de dióxido de carbono a equação desvia-se para a direita. Para evitar uma acidose através do H^+ , este é tamponado pelas proteínas.

Nos pulmões baixa a pressão parcial de CO_2 o que leva a que a equação se desvie para a esquerda libertando-se CO_2 .

2.2.3 - Conceito de consumo de oxigénio

A definição conceptual de consumo de oxigénio foi apresentada em cima.

Em termos operacionais o $\dot{V}\text{O}_2$ pode ser determinado medindo a ventilação-minuto (VE), isto é, a quantidade de ar expirado num dado intervalo de tempo, e as concentrações de oxigénio inspirado (FiO_2) e expirado (FeO_2). O produto de VE pela diferença de concentrações devolve o $\dot{V}\text{O}_2$, o consumo de oxigénio:

$\dot{V}\text{O}_2 = \text{VE} \times (\text{FiO}_2 - \text{FeO}_2)$	(5)
--	-----

O $\dot{V}\text{O}_2$ pode ser representado em litros de oxigénio por minuto (l/min) ou em mililitros de oxigénio por quilo de peso por minuto (ml/Kg/min).

O consumo máximo de oxigénio, é um dos principais determinantes da capacidade aeróbia do Homem. Os restantes determinantes desta capacidade são o limiar anaeróbio, a economia e a percentagem de fibras musculares oxidativas, conceitos explicados ao longo da presente dissertação.

2.2.4 - A função respiratória e o exercício físico

A ventilação pulmonar é a renovação do ar das vias aéreas condutoras de ar para os pulmões e dos alvéolos, que ocorre durante a inspiração e expiração.

Em esforço ela aumenta linearmente com a intensidade do exercício, o consumo de oxigénio e a produção de dióxido de carbono até 60% da potência máxima, acima deste patamar a ventilação permanece linear à produção de CO₂ mas aumenta mais rapidamente que o consumo de oxigénio.

A ventilação por minuto é dada pelo produto da frequência respiratória (f) pelo volume corrente (VC), ou seja, o volume de ar inspirado e expirado em cada ciclo ventilatório normal multiplicado pelo número de ciclos respiratórios, o que significa que ela tanto pode aumentar com a f como com o VC.

Se o esforço efectuado pelo indivíduo for ligeiro então é o VC que provoca o aumento da ventilação, já em esforços muito intensos o VC sobe até 50 a 60% da capacidade vital e a frequência respiratória pode chegar aos 50 ciclos por minuto, bastante acima dos normais 12 a 20 ciclos de um adulto.

Durante o esforço a capacidade vital, volume de ar que se pode expelir dos pulmões após inspiração máxima, pode diminuir ligeiramente ou permanecer inalterada, o mesmo acontece com o volume residual e a capacidade residual que normalmente não sofrem alterações significativas. [15]

Assim, durante o exercício: aumenta o volume corrente, o que provoca um aumento das resistências elásticas dos pulmões e da parede torácica a grandes volumes pulmonares; aumentam os débitos aéreos o que implica um maior trabalho para vencer as resistências aéreas e aumenta a turbulência e a compressão dinâmica das vias aéreas secundárias à expiração.

Estes aumentos levam a um incremento do trabalho ventilatório durante o exercício.

Com esforço físico surge também uma elevação da pressão média da artéria, uma diminuição das resistências vasculares, dado o maior recrutamento e distensão dos vasos pulmonares, e uma uniformização da relação ventilação/perfusão, dada a melhoria da perfusão nas regiões superiores do pulmão.

2.2.5 - Adaptações crónicas da função respiratória ao esforço

Quando comparado ao aparelho cardiovascular, o aparelho respiratório apresenta poucas adaptações crónicas ao esforço.

Com o treino aeróbio a força e resistência dos músculos respiratórios melhora, tal como os tecidos musculares melhoram quando submetidos a treino. A capacidade pulmonar total não sofre alterações, a capacidade vital pode aumentar discretamente e a difusão pulmonar eleva-se como reflexo do aumento do volume sanguíneo e dos débitos cardíacos mais elevados.

A mais relevante alteração que se observa com o treino aeróbio regular prende-se com a melhoria da economia ventilatória, destacando-se os resultados em indivíduos sedentários que, passadas poucas semanas de treino adequado, apresentam uma significativa redução do seu equivalente respiratório para o oxigénio. [15]

Destaca-se ainda uma mudança no padrão respiratório que, nos desportistas, se verifica com o aumento do volume corrente e a redução da frequência respiratória, ou seja, o ar permanece mais tempo nos alvéolos e a extracção de oxigénio é mais elevada.

É por esta razão que, em repouso, num adulto sedentário 17 a 18% do ar expirado é oxigénio, enquanto num indivíduo treinado esse valor é de 14 a 15%. [15]

2.3 - O Sistema Muscular

A actividade muscular apenas é possível se o oxigénio e os nutrientes chegarem aos músculos, daí a necessidade de eficácia dos dois sistemas anteriormente abordados para o correcto funcionamento do sistema muscular.

Como será abordado no próximo capítulo, com a idade existe uma elevada tendência para a perda de massa óssea o que pode resultar em quedas e diversas fracturas. Por esta razão, ter um bom sistema muscular é crucial para idosos cuja massa óssea esteja bastante diminuta uma vez que um sistema muscular reforçado ajudará a manter a postura e a evitar algumas das sequelas adjacentes à osteoporose.

Chama-se sistema muscular ao conjunto dos cerca de 600 músculos existentes no corpo humano que nos permitem caminhar, correr, escrever, piscar os olhos, comer, respirar, viver. Falar de exercício físico é falar de movimento e portanto é imprescindível falar de músculos.

Os músculos representam 40 a 50% do peso do corpo e são estruturas individualizadas que cruzam as articulações e que ao contraírem lhes transmitem movimento. Esta contracção está a cargo de células especializadas, as fibras musculares cuja energia latente pode ser controlada pelo sistema nervoso. A musculatura humana recobre totalmente o esqueleto, está presa aos ossos e tem a capacidade de transformar energia química em energia mecânica graças às suas proteínas contrácteis.

As suas funções são assim diversas:

- i) Produção dos movimentos corporais como andar e correr;
- ii) Estabilização das posições corporais como sentar ou estar de pé;
- iii) Regulação do volume dos órgãos impedindo a saída do conteúdo de um órgão oco.
- iv) Movimento de substâncias dentro do corpo como o sangue, os alimentos, a urina, ou os gâmetas do sistema reprodutivo.
- v) Produção de calor através da sua contracção. Grande parte desse calor é usada na regulação da temperatura corporal.

A classificação dos músculos pode ser feita através de diversos parâmetros: situação, forma, disposição das fibras, origem e inserção ou função. A descrição de cada um, bem como diversos exemplos podem ser encontrada no anexo 1.

Quanto ao tipo de músculos existentes no corpo humano estes são três: o músculo não estriado ou liso, o músculo estriado esquelético e o músculo estriado cardíaco.

O músculo liso é um músculo de acção involuntária controlada pelo sistema nervoso autónomo, que se localiza na pele, órgãos internos, aparelho reprodutor, grandes vasos sanguíneos e aparelho excretor. Estes músculos são responsáveis, por exemplo, pela erecção

dos pêlos na pele, o chamado “arrepio” e pelos movimentos de órgãos como o esófago, o estômago, o intestino, as veias e as artérias, ou seja, músculos associados aos movimentos peristálticos e ao fluxo de sangue no organismo. [16]

O músculo-esquelético é o maior sistema orgânico do ser humano e constitui cerca de 45% do peso corporal, representando o principal local de transformação e armazenamento de energia. [16]

Este músculo fixa-se aos ossos através de cordões fibrosos, os tendões. A sua contracção é forte e voluntária. É o caso dos músculos das pernas, dos braços ou das mãos em que a sua contracção corresponde à nossa vontade.

Para finalizar, o músculo cardíaco é o tecido muscular que forma a camada muscular do coração, o miocárdio. É este músculo que promove os batimentos cardíacos sendo a sua contracção involuntária.

Cada músculo é constituído por um conjunto de diferentes fibras classificadas em dois grupos: fibras tipo 1 e fibras tipo 2.

As fibras tipo 1 são também chamadas fibras lentas devido à sua baixa velocidade de contracção. Nestas fibras, a produção de energia provém sobretudo da via aeróbia, pelo que apresentam mitocôndrias maiores e em maior número e maior actividade das enzimas da β -oxidação do ciclo de Krebs e do transporte de electrões como se verá mais à frente. Estas fibras são também chamadas fibras vermelhas devido à elevada concentração de mioglobina que lhes dá cor e que possibilitam o transporte do oxigénio desde a membrana celular até à membrana mitocondrial.

As fibras tipo 2 apresentam uma elevada produção de força e uma velocidade de contracção cerca de 2 a 3 vezes mais elevada que as fibras do tipo 1 e são por isso chamadas de fibras rápidas. Estas fibras necessitam de uma rápida produção de ATP pelo que neste caso a energia provém sobretudo da via glicolítica.

As fibras tipo 1 apresentam elevada resistência à fadiga e como tal são usadas em esforços sub-máximos de longa duração, são assim as fibras mais utilizadas no dia-a-dia. As fibras tipo 2 resistem pouco à fadiga e são usadas nos sprints, no levantamento de grandes pesos e em geral nos esforços intensos.

Indivíduos sedentários ou com actividades físicas ligeiras apresentam aproximadamente a mesma quantidade de fibras tipo 1 e tipo 2.

Em grandes atletas esta relação não se verifica apresentando-se diferentes percentagens consoante o tipo de modalidade praticada.

2.3.1 - Contracção muscular e unidades motoras

A contractilidade dos músculos ou seja, a capacidade de se contraírem, é uma das suas principais propriedades. As contracções musculares podem ser, consoante a intensidade pretendida, máximas ou sub-máximas, e são concêntricas quando o músculo se encurta e excêntricas quando se alonga. Classificam-se ainda como:

- ★ *Contracções isocinéticas*: as que apresentam sempre a mesma velocidade com o desenrolar do exercício. Este tipo de contracção só se consegue com aparelhos apropriados que permitam aumentar ou aliviar a resistência ao movimento à medida que se aumenta ou diminui a velocidade do exercício. Apesar de pouco fisiológico, este trabalho é importante em reabilitação e fortalecimento muscular.
- ★ *Contracções dinâmicas*: as que produzem movimento.
- ★ *Contracções rítmicas*: as que se desenrolam de uma forma rítmica, ou seja, desenvolvem repetindo o mesmo ciclo de movimentos, como a marcha, corrida, em geral as actividades aeróbias.

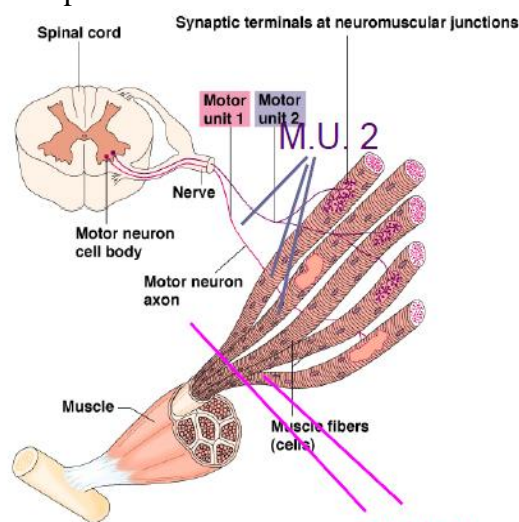


Figura 5 – Esquema de unidade motora [17]

Define-se unidade motora como o conjunto de um axónio, ou neurónio, motor e das várias fibras musculares por ele enervadas. Existem cerca de 250 milhões de fibras musculares para 420 mil neurónios motores. No quadríceps por exemplo, um neurónio motor enerva 150 fibras musculares enquanto no olho esta razão é de 1 para 10. [17]

Um axónio pode controlar várias fibras e, quando ele é estimulado, todas as fibras associadas a ele são contraídas, um princípio de tudo ou nada.

Quanto maior o número de unidades motoras presentes no músculo, maior a força muscular desenvolvida

2.3.2 - O sistema muscular e o exercício físico

A resposta do sistema muscular ao treino depende do tipo de esforço praticado pelo que as respostas dos músculos são diferentes ao se praticar um treino aeróbio, anaeróbio ou de força. Vejamos cada uma delas.

2.3.2.1 - Respostas e adaptações ao treino aeróbio e anaeróbio

Com o treino aeróbio a capacidade de produzir energia aerobiamente aumenta tanto nas fibras lentas como nas fibras rápidas, o que em última análise se pode traduzir no aumento da capacidade aeróbia. Aprofundando:

- *Aumento da capilarização muscular*: o treino aumenta tanto o número de capilares como a dilatação do território capilar.
- *Aumento do teor de mioglobina*
- *Aumento das mitocôndrias*: em número e tamanho o que leva a um aumento da actividade das enzimas das vias aeróbias (ver gráfico 2).
- *Aumento da captação de glucose pelos músculos treinados*: aumenta a capacidade muscular de captar a glucose circulante bem como a longo prazo a capacidade de armazenar glicogénio. Num mesmo indivíduo, a concentração máxima de glicogénio nos músculos treinados pode chegar ao dobro da dos indivíduos não treinados [18].

- **Adaptações hematológicas:** com o treino a libertação de oxigénio da hemoglobina para os tecidos encontra-se facilitada. A diferença artério-venosa de oxigénio de um músculo depende do fluxo muscular (quantidade de sangue que chega ao musculo por unidade de tempo), do grau de oxigenação do sangue e da capacidade do músculo de extrair do sangue que lhe chega maior ou menor quantidade de oxigénio. Ao facilitar a libertação do oxigénio das hemoglobinas para os tecidos, o exercício leva a um aumento do $\dot{V}O_2$ para o mesmo grau de desempenho o que culmina num melhor aproveitamento das funções cardíacas e pulmonares [18].

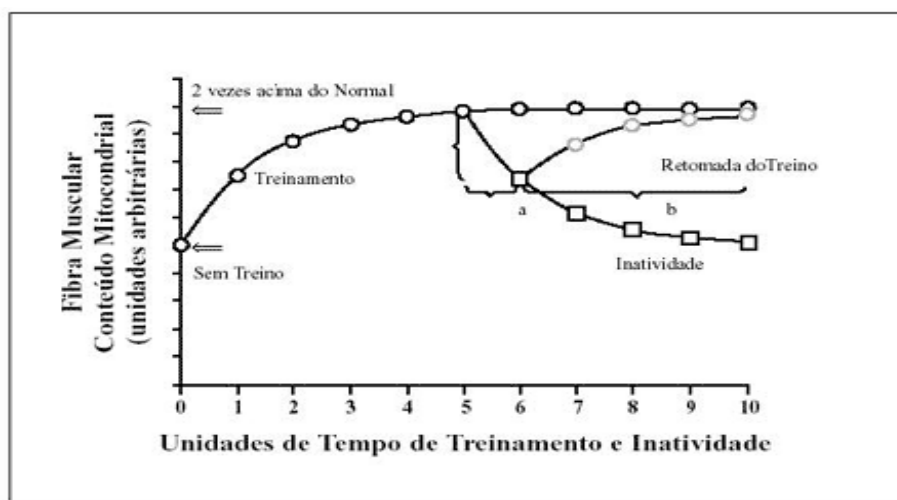


Gráfico 2 - Efeito do tempo de treino e inatividade na quantidade de mitocôndrias no músculo-esquelético. Observa-se que com a interrupção de uma semana de treino ocorreu uma diminuição de 50% e que após uma interrupção de cinco semanas, todo o programa de treino adaptativo se perdeu. Após o reinício do treino, foram necessárias 4 semanas para se estabelecer o que se perdeu em uma semana. [19]

No que diz respeito ao treino anaeróbio, este nível de treino leva ao aumento da actividade enzimática das vias anaeróbias bem como a uma maior tolerância dos músculos a elevadas concentrações de lactato.

4.3.2.1 - Respostas e adaptações ao treino de força

O grau de força que um músculo, ou grupo muscular, consegue desenvolver depende do tamanho do músculo (directamente relacionado com o número de fibras); do tipo e número de unidades motoras recrutadas; do ângulo em que se encontra a articulação; do comprimento inicial do músculo antes de se contrair e da velocidade de contracção. Aprofundando:

O tamanho dos músculos difere de indivíduo para indivíduo, principalmente entre sexos, e explica a diferença de força entre homens e mulheres. De uma forma geral o homem apresenta maiores concentrações de testosterona e maior tamanho corporal do que a mulher o que implica um maior número de fibras musculares existentes⁷. Salientar que, apesar da diferença quantitativa, em termos contrácteis as fibras apresentam a mesma capacidade nos dois sexos. [18]

O ganho de força depende também do número de fibras rápidas, fibras tipo 2. Apesar de uma forma geral estas fibras terem origem genética, estudos efectuados demonstram que após

⁷ Indivíduos com maior acção anabólica da testosterona têm maior número de fibras e o número de fibras é directamente proporcional ao tamanho do corpo.

largos meses de treino intenso, quer aeróbio quer de força, é possível alterar ligeiramente a percentagem do tipo de fibras mostrando que a força não depende só da quantidade de fibras tipo 2 mas também da capacidade de conversão de fibras tipo 1 em tipo 2. [18]

Se um músculo for alongado cerca de 20% antes de se contrair, a sua força máxima aumenta, esta é uma das razões pela qual os exercícios de musculação devem ser feitos na posição de máxima extensão. Para além do aumento da força este estiramento permite ainda evitar a perda de flexibilidade subjacente a longos períodos de treino de encurtamento.

A força do músculo também não é a mesma quando se altera o ângulo de articulação, por exemplo numa flexão do cotovelo a 100° a força atinge o seu máximo enquanto numa flexão a 60° se atinge apenas cerca de 67%. [20]

No que diz respeito ao último factor, quanto mais rapidamente se contrair um músculo, mais elevada será a força excêntrica e menor a concêntrica, isto é, demora-se mais tempo para arrancar um peso do chão por exemplo (força concêntrica, o músculo encurta) do que para aliviar a tensão desse peso (força excêntrica, o músculo alonga).

De uma forma geral, ao fim das primeiras semanas de um programa de treino de força é comum verificar-se um aumento de força nos indivíduos. Este aumento não é significativo a longo prazo e prende-se sobretudo com mecanismo neurofisiológicos. Com as primeiras sessões de treino surge um crescente recrutamento de unidades motoras para desenvolverem a mesma função, o indivíduo vai aprendendo a técnica dos movimentos, aumentando a sua eficácia de execução e vai-se desinibindo e perdendo o medo o que lhe permite aplicar-se mais e desenvolver toda a força possível. Por estas razões ao fim das primeiras semanas o indivíduo aparenta ter mais força não porque ganha mais fibras mas porque passa a aproveitar melhor as que tem.

A longo prazo, com um eficaz treino de força, surgem a hipertrofia e a hiperplasia muscular. [18]

A hipertrofia muscular caracteriza-se por um aumento mantido das dimensões do músculo devido ao aumento de dimensões das fibras, à maior quantidade de proteínas contrácteis e ao aumento do sarcoplasma e do tecido conjuntivo que envolve o músculo. Contrastando assim com a hipertrofia transitória onde o aumento notado no perímetro dos músculos tem como origem a acumulação de líquidos provenientes do plasma no interstício muscular e que a ele retornam algumas horas depois.

Apesar de uma maior hipertrofia muscular representar um maior tamanho muscular, em diferentes indivíduos uma mesma hipertrofia corresponde a ganhos de força diferentes e também nem sempre os indivíduos mais hipertrofiados são os mais fortes. De notar que são vários os factores que interferem na hipertrofia muscular: a constituição genética, o sexo, a idade, o estado nutricional, o perfil hormonal, o tipo de alimentação ou a actividade física acoplada são alguns exemplos.

É por estas razões que, para uma mesma carga de treino, os homens desenvolvem mais hipertrofia muscular do que as mulheres e é também por isto que se deve incluir na dieta alimentar proteínas e hidratos de carbono e se devem consumir bebidas ricas em açúcares durante e após o treino de força.

A hiperplasia muscular distingue-se pelo aumento do número de fibras musculares e tem vindo a ser alvo de vários estudos que pretendem comprovar a sua validade no corpo humano. O número de fibras presentes em cada músculo é determinado geneticamente mantendo-se praticamente constante ao longo da vida, no entanto a maioria desses estudos vieram demonstrar que pode haver hiperplasia muscular no homem dependendo da carga de treino aplicada.

2.4 – Bioenergética do exercício

No nosso dia-a-dia, ao realizarmos qualquer tipo de actividade, ou até mesmo a dormir, estamos a despendar energia. Quanto mais intensa for essa actividade, como no caso da prática desportiva, mais energia gastamos. Só através de um correcto equilíbrio entre a energia que produzimos e a que consumimos, podemos tirar o melhor partido de um plano de actividade física. Com este subcapítulo pretende-se esclarecer como se produz e como se consome essa energia.

É a energia química contida nos vários nutrientes que consumimos que possibilita todas as actividades celulares, todas as funções vitais. Esta energia química serve para produzir nucleótidos de alta energia, entre os quais Adenosina Tri-Fosfato (ATP). É deste nucleótido que a energia necessária a todos os processos biológicos provém, ele é o substrato comum a toda a actividade celular.

No entanto, nas células não existem reservas de ATP em quantidades significativas pelo que a sua formação tem de ser contínua, isto é, o ATP tem de ser formado em cada instante à medida que a actividade muscular se mantém. É assim necessário fornecer nutrientes provenientes de alimentos (ou previamente armazenados) para produzir energia. Os principais nutrientes a desempenhar esse papel são os glúcidos, que encontramos por exemplo nas batatas, massa, pão, bananas, e as gorduras que ingerimos ao consumir carne, derivados lácteos, frutos secos, azeite. Estes nutrientes são os chamados micronutrientes. As proteínas presentes em alimentos como o peixe, carnes magras, leite, feijões, são macronutrientes e têm um papel secundário.

Quando a quantidade de alimentos/nutrientes que ingerimos for superior à quantidade de nutrientes necessária para o processo de produção de energia, eles vão ser metabolizados e transformados em produtos de reserva, ficando disponíveis para serem posteriormente utilizados nesse processo.

Estas reservas são basicamente duas: o glicogénio que apenas provem dos glúcidos e os triglicéridos que podem provir do excesso de qualquer macronutriente.

No entanto, da energia química contida nos nutrientes apenas 40% é convertida em ATP e desta apenas 27% a 30% é convertida em energia mecânica nos seres humanos, ou seja, a energia que se perde sob a forma de calor é cerca do dobro da energia que vai gerar energia mecânica. É por este motivo que a temperatura corporal aumenta à medida que se desenrola a actividade física. Este aumento chegaria rapidamente a limites incompatíveis com a vida caso não existissem os mecanismos de termorregulação em fisiologia do esforço. [21]

2.4.1 - Produção de energia - ATP

O trifosfato de adenosina (ATP) é um composto de três elementos relativamente simples derivado da base purínica adenina. É produzido a partir do ADP por uma sequência complexa

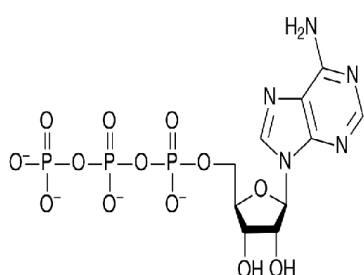


Figura 6 - Estrutura molecular do ATP [22]

de reacções, essencialmente as mesmas em todos os organismos. Pode ser obtido através de três vias: a *via anaeróbia aláctica* a partir da fosfocreatina e sem a formação de ácido láctico, a *via anaeróbia láctica* a partir de glúcidos e com a produção ácido láctico e as *vias aeróbias* a partir de todos os macronutrientes.

2.4.1.1 - Via aeróbia

Etimologicamente, aeróbio “Que requer a presença de oxigénio para o seu desenvolvimento e sobrevivência”.

O sistema aeróbio, ou oxidativo, na presença de O_2 , metaboliza glicogénio e/ou ácidos gordos produzindo a energia necessária para todo o trabalho celular, todo o crescimento e toda a actividade física ligeira, (ou segundo Katch e McArdle (1996)), para actividades de longa duração, em exercícios realizados por mais de 3 a 4 minutos), resultando como subprodutos CO_2 e H_2O eliminados posteriormente através da respiração e do suor.

A formação aeróbia do ATP ocorre dentro das mitocôndrias na chamada cadeia transportadora de electrões ou cadeia respiratória.

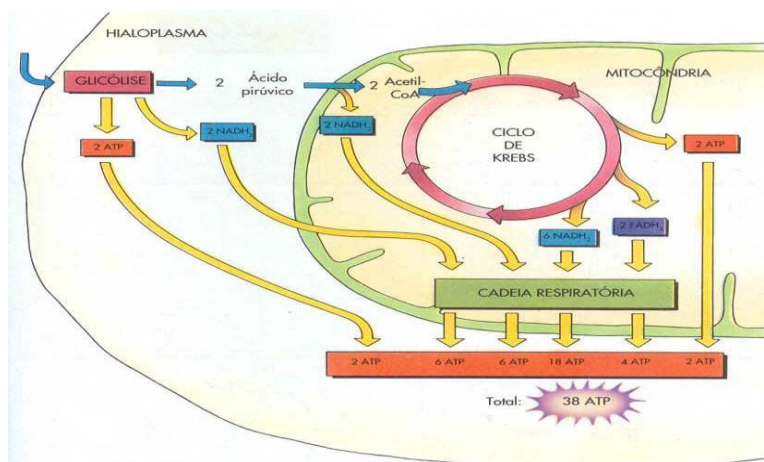
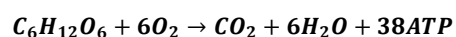


Figura 7 - Esquema representativo da via aeróbia.

As reacções que acontecem durante o ciclo de Krebs e a glicólise. O saldo final desta via é de 38 ATP e traduz-se pela seguinte reacção:



Através do ciclo de Krebs, são produzidos átomos de hidrogénio dissociados em prótons e electrões com altos níveis de energia. Estes electrões altamente energéticos vão depois passar sequencialmente por uma série de compostos, os *citocromos* e as coenzimas NAD^+ e FAD e na sua ligação a cada um deles vão-se instalar em orbitais com níveis energéticos sucessivamente menores libertando energia. Constitui-se assim a cadeia transportadora de electrões. [21]

Ao longo de toda a cadeia, a transferência de cada electrão para a molécula seguinte deve acontecer rapidamente de modo a deixar a molécula anterior desocupada para receber outro electrão. Isto acontece sucessivamente até o electrão chegar a um nível de muito baixa energia, nesse ponto ele une-se ao oxigénio presente no meio, e aos prótons que se haviam formado anteriormente no momento de dissociação, desta união resulta uma molécula de água: $2H^+ + 2e^- + O \leftrightarrow H_2O$.

Esta equação traduz o conceito de respirar em termos fisiológicos: o oxigénio receber os electrões e os protões com formação de água.

A presença de oxigénio nesta via é fundamental pois ele é o aceitador final de electrões, sendo consumido de cada vez que se une aos protões e electrões para formar água. O NADH, o FAD e os *citocromios* não são consumidos ao longo do processo, a sua função é de transportadores intermediários nesta cadeia largando um par de electrões e recebendo outro.

Quanto maior a intensidade do esforço, mais energia é necessária logo, maior o número de electrões a serem transportados nesse tempo, logo mais oxigénio a ser consumido pelas mitocôndrias.

É a velocidade com que o oxigénio entra nas mitocôndrias que determina a velocidade de produção de energia aerobiamente. Para que isto possa acontecer tem de estar garantida a eficácia de um conjunto de sistemas do organismo: uma função respiratória eficaz de modo a que o oxigénio presente no ar possa entrar no sangue; uma função circulatória eficaz e uma boa capacidade de transporte no sangue para que, depois da hematose⁸, o sangue chegue aos músculos em exercício de uma forma rápida e nas quantidades necessária.[23] Sucintamente têm de se verificar as capacidades de oxigenação do sangue e do seu transporte ate aos músculos.

A oxigenação do sangue pode estar comprometida se nos encontramos em locais de elevada altitude pois, com a altitude a pressão parcial do oxigénio inspirado diminui, ou se sofrermos de algum tipo de insuficiência respiratória. Já o transporte do sangue até aos músculos pode não acontecer eficazmente se nos encontrarmos perante insuficiências cardíacas e/ou respiratórias, anemias, alterações de hemoglobina e ainda doenças vasculares oclusivas.

2.4.1.2 - Falta de oxigénio

O ciclo de Krebs e a cadeia transportadora de electrões são vias acopladas que funcionam em conjunto dentro das mitocôndrias logo, parando uma para a outra. É uma questão de acumulação e inibição retrógrada.

Se numa reacção houver acumulação ou não utilização dos produtos, ela pode abrandar ou parar. O mesmo se aplica quando várias vias, como as expostas na figura 7 funcionam em cadeia.

Se um metabólito da reacção A vai ser usado na reacção B e se os produtos da reacção B se acumularem (se se formarem mais depressa do que são consumidos), isto leva ao abrandamento da reacção B e posteriormente à inibição da reacção A, provocando a acumulação dos seus reagentes.

Assim. *“A acumulação de um metabólito a jusante leva acumulação dos produtos que lhe dão origem a montante”*. [21]

É esta a lógica que esta na base da passagem do metabolismo aeróbio a anaeróbio.

À medida que o exercício se torna mais intenso, a necessidade de produção de energia ultrapassa a velocidade a que o oxigénio consegue entrar nas mitocôndrias surgindo assim

⁸ Oxigenação do sangue venoso

uma carência relativa de oxigénio, escasseando o aceitador final de todos os electrões produzidos.

Como os electrões se vão acumulando, o ciclo de Krebs não consegue actuar com mais rapidez passando a não dar vazão à totalidade das moléculas de acetil-CoA que lhe vão chegando, como consequência acumula-se acetil-CoA resultando num aumento de piruvato. Como o piruvato é uma molécula instável, ele não pode ficar na sua forma livre tendo obrigatoriamente de se transformar ou em acetil-CoA, via preferencial, ou em lactato. Dadas as circunstâncias, a única saída é a transformação do piruvato em lactato que se acumula nos músculos sem sofrer qualquer tipo de metabolização. [21]

Assim, se a intensidade de um esforço requer um débito energético superior àquele que é permitido pela capacidade aeróbia máxima, a restante energia vai ser produzida anaerobiamente.

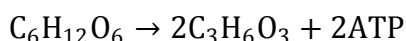
Resumindo, existem dois factores principais que podem levar à acumulação do lactato: o aumento da velocidade da via glicolítica provocado pelo aumento da intensidade do esforço, e a disponibilidade do oxigénio na mitocôndria, mediado pela capacidade das vias aeróbias, capacidade que depende de factores genéticos e do treino aeróbio de cada indivíduo.

Uma vez nos músculos, o lactato não sofre metabolização e vai-se acumulando. De notar que outros órgãos como o fígado ou o coração conseguem metabolizar o lactato mas o músculo-esquelético não. Desta acumulação resultam quatro importantes consequências:

❖ Menor rendimento:

As moléculas de glucose que dão origem ao lactato são subaproveitadas energeticamente fazendo com que o lactato ainda contenha energia química nas suas ligações, isto representa um maior consumo de glúcidos para uma mesma produção de energia.

Anaerobiamente uma molécula de glucose oxidada origina 2 moléculas de ATP e lactato.



Aerobiamente, da oxidação completa, com formação de dióxido de carbono e água, resultam mais 36 ATP, um rendimento dezanove vezes superior.



No entanto o músculo tem uma capacidade de destruição da glucose tão rápida por unidade de tempo que, apesar da diferença de rendimento, a via glicolítica consegue produzir mais ATP que o metabolismo aeróbio, levando consequentemente ao esgotamento das reservas de glicogénio.

★ Impossibilidade de manter por muito tempo este débito de produção de energia

A acumulação de lactato exerce uma inibição retrógrada sobre a glicólise. Ao acumular-se, o lactato leva a um estado de acidose, isto é, à diminuição do pH de todo o organismo tornando-o ácido. Como medida de protecção as células deixam de produzir energia por glicólise anaeróbia ate recuperarem o pH, encaminhando o lactato acumulado para o sangue. [21]

★ *Perturbação da contracção muscular*

A acidose prejudica o processo de contracção originando perda de força e fadiga muscular.

★ *Acidose sistémica*

A acidose sistémica origina uma hiperventilação, ou seja, um aumento da quantidade de ar que ventila nos pulmões provocando o aumento do quociente respiratório o que leva a uma ventilação menos económica. [21]

Apesar de tudo isto, as vias anaeróbias proporcionam maiores débitos de energia durante períodos curtos⁹ concedendo-lhe uma vantagem relativamente às vias aeróbias quando se praticam desportos onde é necessária uma elevada velocidade de arranque.

Como o presente projecto visa avaliar a condição de indivíduos seniores que praticam apenas actividades aeróbias, a produção de energia através das vias anaeróbias é apresentada de forma bastante resumida:

A via anaeróbia serve para fornecer energia para esforços que ultrapassem as capacidades aeróbias, metabolismo possível apenas a partir dos glúcidos.

A via anaeróbica láctica, via glicolítica, ou ainda via do ácido láctico, sintetiza a glicose existente no sangue ou armazenada na forma de glicogénio em piruvato. Este transforma-se em lactato na ausência de oxigénio ou entra no ciclo de Krebs (como acetil CoA) se houver oxigénio. Este processo ocorre como explicado anteriormente para a via aeróbia.

A via anaeróbia aláctica sintetiza o fosfato de creatina existente nos músculos em moléculas de ATP. Esta é a via de síntese de ATP mais rápida mas que se esgota também com maior rapidez.

As três vias energéticas apresentadas têm como ponto final comum a produção de ATP, produção esta que é tanto mais rápida quanto menos etapas enzimáticas necessitar.

Assim, a via energética mais rápida é a via anaeróbia aláctica que se resume a uma acção enzimática, seguida da via anaeróbica láctica e finalmente do mecanismo aeróbio.

No entanto a rapidez de produção varia inversamente com o tempo de funcionamento, ou seja, apesar de a via anaeróbia aláctica ser a mais rápida, ela só consegue funcionar à sua máxima intensidade durante alguns segundos e a via anaeróbica láctica alguns minutos. A via aeróbia, apesar de ser a mais lenta, é a única que permite praticar esforços, desde que sejam ligeiros a moderados, por várias horas seguidas.

Resumindo, o débito energético, quantidade de energia que se consegue produzir por unidade de tempo, é máximo para a via anaeróbia aláctica e mínimo para a via aeróbia, mas as suas capacidades variam de forma inversa.

⁹É necessário distinguir menor rendimento de maior débito energético. A glicólise anaeróbia proporciona maior débito energético mas um menor rendimento.

Convém salientar que os três mecanismos de produção de energia não são alternativos mas sim complementares operando simultaneamente. Um óptimo exemplo desta complementaridade é o futebol, este desporto é caracterizada por um fundo aeróbio mas cada vez que o jogador efectua um sprint ou um arranque rápido está a efectuar um esforço anaeróbio láctico ou aláctico.

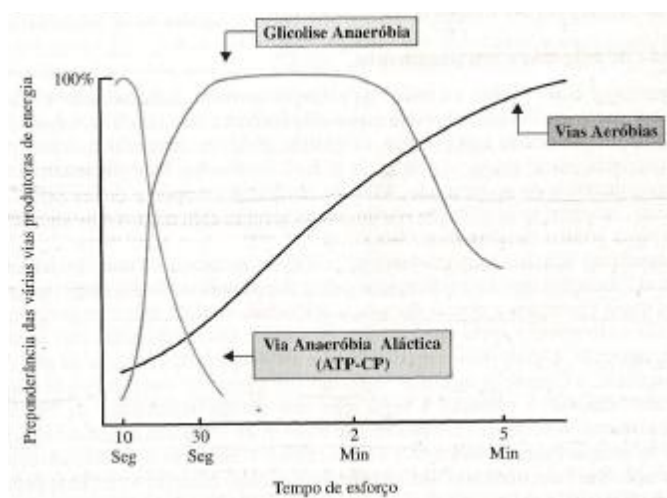


Gráfico 3 - Tempo de entrada em acção das vias anaeróbia e aeróbia e sua duração relativa. Quando aumenta a intensidade dum esforço a produção aeróbia de energia demora a adaptar-se à nova energia, até lá essa energia é fornecida anaerobiamente. Pelo contrario, quando os esforços são prolongados e com uma intensidade constante eles só podem ser sustentados pela via aeróbia. [21]

2.4.1.4 -Limiar anaeróbio

Seguindo a lógica aplicada anteriormente (ver subcapítulo 2.4.1.2), percebe-se que à medida que o exercício se vai tornando mais intenso o mecanismo aeróbio vai dando lugar ao mecanismo anaeróbio, e no “preciso momento” em que isso acontece encontramos o limiar anaeróbio, Lana, “intensidade de exercício, variável de indivíduo para indivíduo, a partir da qual começa a haver metabolismo anaeróbio láctico”[21]. Conceito expresso como percentagem da capacidade aeróbia máxima do indivíduo.

A via anaeróbia entra em acção ainda antes da via aeróbia se esgotar o que, em indivíduos sedentários saudáveis acontece por volta dos 55% a 60% do VO_{2max} , a partir destas intensidades começa a haver produção de lactato e a sua passagem para o sangue com todos os inconvenientes já referidos.

Quando a intensidade do esforço ultrapassar este limite vai atingir-se a fadiga muito mais depressa, motivo pelo qual os esforços de longa duração devem ser efectuados a intensidades abaixo do valor do Lana.

2.4.2 - Consumo de energia

Em termos médios o consumo de energia resulta da soma do dispêndio do metabolismo em repouso, da termogénese induzida pelos alimentos e da energia dispendida nas várias actividades físicas.

O contributo de cada um destes componentes para o dispêndio total depende de inúmeros factores como veremos a seguir, no entanto em termos médios estas percentagens são de 60% a 70% para o metabolismo em repouso, 5% a 10% para a termogénese induzida pelos alimentos e 15% a 30% para a actividade física.

2.4.2.1 - Metabolismo Basal e Metabolismo em repouso

“O metabolismo basal é o dispêndio energético que corresponde aos processos vitais quando a actividades visceral, física, sensorial e intelectual estão reduzidas ao mínimo, o valor mais baixo verifica-se durante o sono.” [21]

O metabolismo basal é complexo de medir por “obrigar” o indivíduo a permanecer neste estado durante 8 horas o que o torna pouco exequível. Opta-se então por medir o metabolismo em repouso.

O RER “*Resting Energy Expenditure*”, definição inglesa para metabolismo em repouso, corresponde ao consume de oxigénio ($\dot{V}O_2$) de um individuo em repouso absoluto numa posição confortável, em jejum e num ambiente calmo e escuro.

O valor médio do metabolismo em repouso é de 3,5 ml de O_2 por Kg de peso corporal por minuto e designa-se 1 MET.

- **Quanto vale o 1 MET em termos calóricos?**

Para responder a esta pergunta faz-se um exercício simples:

Sabe-se que 1 MET corresponde a 3,5 ml de O_2 /Kg/min e que o equivalente calórico do O_2 ¹⁰ é de 5Kcal por litro de O_2 consumido. Tendo por base estes dados imagine-se um indivíduo de 60Kg.

Em repouso este indivíduo apresenta um MET de $3,5 \text{ ml de } O_2 \times 60 \times \text{min}^{-1} = 210 \text{ ml de } O_2/\text{min}$, aproximadamente 0,2 litros de O_2 /min.

Sabendo que a um litro de O_2 correspondem 5Kcal então, por uma regra de três simples, a 0,2 litros de O_2 corresponde a 1Kcal.

Ou seja, para um indivíduo de 60 Kg, $1 \text{ MET} \cong 1 \text{ Kcal}/\text{min}$.

Para concluir, em repouso, o metabolismo de um indivíduo oscila entre 1,0 e 1,8Kcal, ou seja, 1440 a 2592Kcal por dia.

No entanto o metabolismo em repouso não é homogéneo. Apesar de fixo em 3,5 a composição corporal tem grande influência neste valor pois a massa gorda tem um papel praticamente nulo em termos metabólicos quando comparada com a massa magra, pelo que nos obesos 1 MET é menor que 3,5 ml de O_2 /Kg/min.. [21]

A diferença da composição corporal é assim a principal razão da diferença de MR entre os sexos. Esta diferença desaparece quando se exprime MR não por Kg de peso total mas por Kg de massa magra.

Para além destes factores existem outros com elevado interesse e que devem ser levados em consideração quando se prescreve um plano de actividade física: a idade, o sexo, a

¹⁰ O equivalente calórico de O_2 depende do valor de QR (quociente respiratório) e de RER (*Respiratory Exchange Ratio*), no entanto em termos práticos, e quando o rigor não é o mais importante, utiliza-se o valor de 5 independentemente do valor destes rácios

composição corporal, o clima, actividade física e intelectual, o estado nutricional, entre outros.

O metabolismo basal pode ser calculado por várias fórmulas que integram a idade, a altura e o peso do indivíduo, diferenciando os sexos. De todas, a mais vulgarizada é a *fórmula de Harris e Benedict* [22]:

Homens:

$$MB \text{ (Kcal)} = 66 + (13,7 \times Kg) + (5,0 \times \text{altura em cm}) - (6,8 \times \text{Idade em anos}) \text{ (6)}$$

Mulheres:

$$MB \text{ (Kcal)} = 66 + (13,7 \times Kg) + (5,0 \times \text{altura em cm}) - (6,8 \times \text{Idade em anos}) \text{ (7)}$$

Para o cálculo das necessidades alimentares diárias os autores propõem que se multiplica o MB por um factor que varia com o tipo de actividade do indivíduo:

- Sedentário – pouco ou nenhum exercício: MB x 1.2
- Ligeiramente activo – desporto suave 1-3 dias por semana: MB x 1.375
- Moderadamente activo – exercício moderado 3-5 dias por semana: MB x 1.55
- Fortemente activo – exercício intenso 6-7 dias por semana: MB x 1.725

2.4.3 - Termogénese

Termogénese é o conceito fisiológico para os vários processos bioquímicos envolvidos na produção de calor. Quanto maior for a termogénese, quanto mais calor se produz, menor será o rendimento das vias bioquímicas em termos de síntese de ATP.

A termogénese induzida pelos alimentos é, de uma forma bastante reduzida, a energia que o nosso organismo “gasta” na digestão e processamento bioquímico dos nutrientes até estarem disponíveis para as várias vias metabólicas produtoras de energia.

Este processamento metabólico é mensurável sob a forma de calor libertado ou de O₂ consumido nas horas seguintes à ingestão dos alimentos e varia consoante os alimentos consumidos.

De facto, todos os alimentos são termogénicos porque o corpo tem de despende energia para fazer a sua digestão, no entanto as proteínas magras, os vegetais, os hidratos de carbono e os grãos integrais são exemplos de alimentos que levam o corpo a queimar bastantes calorias na digestão.

A termogénese alimentar é máxima para as proteínas e mínima para as gorduras.

2.4.4 - Consumo de energia com o exercício físico

Apresentam-se alguns conceitos físicos imprescindíveis para a compreensão deste tema.

❖ **Força:**

Define-se força como *algo que produz trabalho ou aceleração a uma massa*. Pode representar-se em:

- *Newton (N)*, unidade do sistema internacional de unidades (SI), e que corresponde à força que imprime a uma massa de 1Kg a aceleração de $1\text{m}/\text{seg}^2$
- *Kilopond (Kp)*, unidade do sistema métrico que se define como a força que imprime a uma massa de 1Kg a aceleração da gravidade ($9.8\text{m}/\text{s}^2$). 1Kp corresponde a 9.8N.

❖ **Trabalho**

O trabalho resulta da aplicação de uma força e pode ser dinâmico ou estático.

O trabalho (W) dinâmico, que produz movimento, define-se pela equação:

$W = F \times d \times \cos\alpha$ (8) Onde: F é a força necessária para provocar movimento, d a distancia percorrida e α o ângulo formado pelos vectores força e movimento.

O trabalho é um conceito quantitativo, independente do tempo.

Imaginemos um indivíduo com 70Kg de peso a deslocar-se, sem carga adicional, ao longo de um trajecto plano ($\alpha=0$; $\cos\alpha=1$) de 10m.

O trabalho desenvolvido por este individuo a longo do percurso é de: $W = 70\text{Kg} \times 10\text{m} \times 1 = 700 \text{ Kg m}$ independentemente do tempo que demora a percorrer os 10m.

O trabalho pode ser representado em:

- *Kilogrâmetro (Kgm)*: corresponde ao trabalho de deslocar 1 metro uma massa de 1Kg quando a deslocação se dá no sentido e direcção da força.
- *Kilopondmetro (Kpm)* : no sistema métrico, é o trabalho que corresponde à deslocação de 1 metro do ponto de aplicação de uma força de 1Kp, quando a deslocação se dá no sentido e direcção da força.
- *Joule (J)* : é a unidade SI do trabalho. Corresponde à deslocação de 1 metro do ponto de aplicação de uma força de 1Newton quando a deslocação se dá na direcção e sentido da força. 1 Joule corresponde a 0,1020Kgm

O Joule é a unidade de dispêndio energético mais usada actualmente, a 1 KCal corresponde 4,2KiloJoules (KJ).

❖ **Potência**

Define-se potência como a quantidade de trabalho executado por unidade de tempo: *Potência = Trabalho/Tempo*. As unidades de potência são:

- *Kilopondmetro por minuto (Kpm/min)* ou *Kilogrâmetro por minuto (Kgm/min)*: corresponde a uma intensidade de esforço onde se realiza o trabalho de 1Kpm ou 1Kgm num minuto.
- *Watt (W)* : unidade SI, corresponde ao trabalho de 1J efectuado em um segundo. O Watt é a unidade mais usada. $1 \text{ Watt} = 6,12 \text{ Kg m por minuto}$.

Eficiência

A eficiência define-se como a razão entre o trabalho efectuado e a energia consumida, o que para esforços aeróbios se traduz:

$$Eficiencia = W / \dot{V}O_2 \quad (9)$$

A eficiência varia com o tipo de esforço e é dependente de factores genéticos.

❖ Economia

A economia define-se como a razão entre o trabalho útil produzido e a energia consumida, um conceito diferente de eficiência.

Ao falar-se em trabalho útil pressupõe-se a existência de trabalho inútil.

É o caso de correr contra o vento ou correr com o casaco de fato de treino aberto, esforços que dão origem a trabalho inútil e que são chamados de esforços parasita. É para evitar este tipo de esforços que os nadadores profissionais rapam os pelos do corpo e nadam de gorro.

A economia depende de factores climáticos, genéticos, biomecânicos e relacionados com o equipamento.

Assim para a corrida aeróbia substitui-se na equação da economia o trabalho útil pela distância:

$$Eficiência = Distância / \dot{V}O_2 \quad (10)$$

2.4.4.1 – O cálculo do consumo de oxigénio durante a actividade física

Relembrados os conceitos vejamos agora como estimar o custo de oxigénio contíguo a cada actividade física.

Dado que o trabalho físico aeróbio tem um equivalente energético conhecido, existem várias equações que, sabendo o trabalho efectuado, permitem estimar o custo de oxigénio da actividade física. Seguem-se considerações comuns a ter em conta:

- Estas equações são válidas apenas para regimes aeróbios em estado estacionário (*steady-state*), ou seja, para esforços *sub-máximos*.
- Aplicam-se a actividades como a marcha, corrida, cicloergometria, step e outras desde que efectuadas em ergómetros apropriados.
- É indispensável que as inclinações do tapete e as resistências do cicloergómetro estejam bem calibradas.
- Apesar de deduzidas em amplos estudos, a variabilidade inter-individual de economia pode ir até $\pm 7\%$, no entanto *o custo de oxigénio da mesma tarefa, à mesma intensidade, é altamente reprodutível em cada indivíduo* pelo que estas fórmulas são muito úteis para avaliação do mesmo indivíduo.
- As unidades a usar devem ser:
 - Velocidades: metros/minuto

- Inclinação do tapete: percentagem
- Resistência do cicloergómetro: *Kiloponds*
- Peso do indivíduo: Kg
- Perímetro da roda do cicloergómetro: metros
- Altura do degrau dos step: metros
- $\dot{V}O_2$ calculado vem em ml/Kg/min para a marcha, corrida e step e em ml/min para o cicloergómetro (neste ultimo o indivíduo está sentado pelo que o trabalho não depende do peso corporal).

As fórmulas específicas para cada tipo de actividade são descritas em seguida:

❖ **Marcha em piso duro:**

Em termos gerais, para exercícios como a marcha ou corrida lenta, abaixo dos 8Km/h usa-se uma fórmula bastante simples conhecida como a *fórmula dos 3Ks*:

$$0,62 \text{ Kcal} \times \text{Km} \times \text{Kg} \quad (11)$$

Esta fórmula pressupõe que se marche na ausência de vento.

❖ **Marcha em tapete rolante:**

Quando o exercício é realizado no tapete rolante com velocidades entre 3 e 6Km/h, torna-se mais preciso o uso da equação do custo de oxigénio da marcha em tapete.

A primeira parcela exprime o custo da componente horizontal da marcha (velocidade) enquanto a segunda exprime o custo da componente vertical (declive).

$$\dot{V}O_2 = (\text{velocidade} \times 0.1) + (\text{inclinação} \times \text{velocidade} \times 1.8) + 3.5 \quad (12)$$

Convém salientar que quando não se usa inclinação no tapete, o valor devolvido pela fórmula erra de 15% a 20% em relação ao valor realmente consumido, o mesmo acontece para percentagens de 3% de inclinação. Para evitar estes erros recomendam-se valores de inclinação acima dos 5%.

Imagine-se então um indivíduo com 85Kg que pretende com um programa de caminhada rápida perder peso. O seu objectivo é conseguir perder 215Kcal em cada sessão sendo que pratica o seu exercício 5 vezes por semana durante 30 minutos num tapete com inclinação de 5%. Pretende então saber que distância deverá percorrer para conseguir atingir o seu objectivo. Nestes termos podemos utilizar a fórmula (12) sem erros consideráveis pois a inclinação é de 5%.

Se o indivíduo pretende perder 215 Kcal em cada sessão então usando o valor médio de 5Kcal/litro de O_2 o valor de VO_2 neste indivíduo é de 43litros/85Kg/30min.

Temos agora de converter este valor para poder ser usado na fórmula, ou seja, o VO_2 tem de aparecer na forma ml/Kg/min. Assim $43000\text{ml}/85\text{Kg}/30\text{min} \cong 16,8\text{ml}/\text{Kg}/\text{min}$

É este o valor a ser usado na fórmula. Vem então:

$$16,8 = (velocidade \times 0,1) + (0,05 \times velocidade \times 1,8) + 3,5 \Leftrightarrow velocidade = \frac{13,3}{0,19}$$

$$\Leftrightarrow velocidade = 70m/min$$

O indivíduo tem de caminhar a uma velocidade de 70 metros por minuto. Assim em cada sessão de 30 min ele tem de percorrer uma distância de 2100m, ou seja, 2,1Km.

❖ Corrida em tapete rolante:

Para o correcto uso destas fórmulas de estimação do consumo de oxigénio considera-se corrida quando a exercício é feito acima dos 8 Km/h, isto porque para sedentários ou praticantes regulares de actividade física (excluem-se atletas de marcha), até aos 6Km/h é mais económico andar do que correr e acima dos 8Km/h é mais económico correr do que andar. Entre os dois limites esta fórmula, bem como a da marcha em piso duro, não é aplicável dada a grande variabilidade individual na economia, ou seja, a estas velocidades uns indivíduos serão mais económicos a andar enquanto outros serão mais económicos a correr.

$$\dot{V}O_2 = (velocidade \times 0,2) + (inclinação \times velocidade \times 0,9) + 3,5 \quad (13)$$

O custo da corrida na rua não é predito por esta equação e, como se pode constatar pela tabela 2, é maior dada a componente vertical uma vez que, quando a inclinação do tapete é nula os valores coincidem. A componente horizontal irá influenciar se a corrida for feita num piso mole ou escorregadio, exemplos como a areia, a relva ou gelo e neve.

Grau	Km/h	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
0%	Na rua	8,6	10,2	11,7	13,3	14,8	16,3
	Tapete	8,6	10,2	11,7	13,3	14,8	16,3
2,5%	Na rua	10,3	12,3	14,1	16,1	17,9	19,7
	Tapete	9,5	11,2	12,9	14,7	16,3	18,0
5,0%	Na rua	12,0	14,3	16,5	18,8		
	Tapete	10,3	12,3	14,1	16,1	17,9	19,7
7,5%	Na rua	13,8	16,4	18,9			
	Tapete	11,2	13,3	15,3	17,4		
10,0%	Na rua	15,5	18,5				
	Tapete	12,0	14,3	16,5	18,8		

Tabela 2 - Comparação do custo em MET's da corrida em tapete rolante e na rua em piso duro.

❖ Step

Este tipo de equipamento está cada vez mais vulgarizado nos ginásios e o consumo de oxigénio adjacente pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\dot{V}O_2 = (n.º \text{ degraus/min} \times 0,35) + (altura \times n.º \text{ degraus/min} \times 1,8 \times 1,33) - 1 \quad (14)$$

❖ Cicloergometria

Quando executa um exercício no cicloergómetro o indivíduo encontra-se sentado e, como tal, não suporta o seu peso. É por esta razão que nos cicloergómetro, as fórmulas exprimem o $\dot{V}O_2$ em valores de ml/min pois o peso corporal neste caso pouco influencia o gasto energético (excepto se o indivíduo for bastante obeso).

$$\dot{V}O_2 = (Resistencia \times Velocidade \times 1,9) + (3,5 \times Peso \text{ do individuo}) + 260 \quad (15)$$

Esta fórmula é válida para potências (produto da resistência com a velocidade) entre os 50 e 200W. A velocidade pode ser calculada pelo produto entre o numero de rotações por minuto (rpm) e o perímetro da roda.

Neste equipamento a potência apenas depende da resistência colocada, não existe componente horizontal pois não há deslocamento. Na bicicleta real existem as duas componentes: a horizontal correspondente distância percorrida e a vertical que engloba a inclinação do piso e o peso do conjunto indivíduo + bicicleta. Concluiu-se assim que o peso corporal não interfere quando se trabalha com o cicloergómetro mas interfere quando o trabalho é efectuado numa bicicleta real.

É de salientar que existem cicloergómetros de manivela em vez de pedais, bastante úteis para paraplégicos ou quando se pretende avaliar a capacidade a aeróbia a nível dos membros superiores. Neste caso a equação a usar:

$$\dot{V}O_2 = (Resistencia \times Velocidade \times 3) + (3,5 \times Peso \text{ do individuo}) \quad (16)$$

Esta fórmula é válida para potências entre os 25 e 125Watts.

Num mesmo indivíduo existe pouca correlação entre o $\dot{V}O_2$ máximo medido nos membros inferiores e nos superiores pelo que uma avaliação feita através desta equação deve apenas ser levada a cabo em indivíduos cuja actividade dependa, em grande parte, dos membros superiores.

Capítulo 3 – A actividade física no idoso

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), idosos são pessoas com sessenta ou mais anos para os países em desenvolvimento e sessenta e cinco ou mais para os países desenvolvidos (o caso de Portugal). [23]

Atingem hoje mais de 65 anos muito mais indivíduos do que antes, graças, em grande parte aos progressos da medicina e à melhoria da alimentação e das condições sociais. Segundo dados do INE estima-se que em Portugal existam cerca de 1,8 milhões de idosos, o que corresponde a 17,1% da população geral. [24]

Com o processo de envelhecimento a prática de actividade física decai de uma forma quase espontânea, uma tendência fisiológica que tem vindo acontecer cada vez mais cedo. Dados recentes referem que mais de 60% dos adultos não atingem os níveis de actividade física recomendados e 25% adoptam um estilo de vida completamente sedentário [25], uma propensão que aumenta com a idade atingindo um número preocupantemente baixo nos idosos.

A verdade é que o processo de envelhecimento inicia-se no momento que nascemos, no entanto esta palavra, idoso, está ainda negativamente conotada sendo muitas vezes sinónimo de incapacidade física e mental, perdas funcionais, isolamento, solidão, tristeza e, como tal, falar de actividade física no idoso é quase um paradoxo.

Ao longo deste capítulo procura desmitificar-se esta ideia focando-se as alterações fisiológicas do envelhecimento, a treinabilidade dos idosos e as actividades apropriadas e ainda a saúde e longevidade com a actividade física.

3.1 - Alterações fisiológicas do envelhecimento

O processo de envelhecimento caracteriza-se por um conjunto de alterações nos diversos aparelhos e sistemas do organismo que vão desde as capacidades cognitivas, neuro-psíquicas às capacidades físicas como resistência, força, flexibilidade ou velocidade.

No entanto, envelhecer não é um processo uniforme e simultâneo para estes diferentes sistemas. De indivíduo para indivíduo uns sistemas “envelhecem” mais depressa que outros devido não só a factores genéticos mas também ao estilo de vida e ao ambiente em que a pessoa vive.

Apresentam-se a seguir as mais relevantes alterações na capacidade física causadas pelo envelhecimento:

- **Diminuição da capacidade cardiovascular:** com o avançar da idade a resposta cardiovascular ao exercício diminui de forma acentuada, uma perda que se dá tanto a nível central como periférico.
- **Diminuição do consumo máximo de oxigénio:** o consumo máximo de oxigénio ($\dot{V}O_2$ máx) diminui cerca de 10% por década (1% ao ano) na população em geral. Este valor reduz para metade, 5% por década, em indivíduos que mantêm actividade física intensa ao longo dos anos. Este

declínio de $\dot{V}O_2$ máx acontece a partir da segunda década para as mulheres e a partir da terceira década para os homens [26].

- **Diminuição da frequência cardíaca máxima:** A fórmula (2) do capítulo 2 mostra como a idade influencia em cerca de 1 batimento por minuto por ano a frequência cardíaca máxima. Esta fórmula ajusta-se tanto a sedentários como a praticantes regulares de actividade física, indivíduos treinados.
- **Aumento das resistências periféricas, diminuição do volume sistólico e débito cardíaco:** como visto anteriormente, o volume sistólico está directamente relacionado com as resistências periféricas, assim, uma vez que com a idade aumentam as resistências periféricas, o volume sistólico diminui. A queda do volume sistólico juntamente com a diminuição da frequência cardíaca máxima leva à diminuição do débito cardíaco máximo. Com treino intenso ao longo dos anos, embora não por completo, é possível anular bastante esta descida do volume sistólico [27].
- **Diminuição da capacidade respiratória:** a idade leva a uma perda de elasticidade da parede torácica e dos pulmões o que provoca uma diminuição quer dos volumes, à excepção do volume residual, quer das capacidades pulmonares. [26]
- **Evolução da força e musculatura:** a perda de força e musculatura é, muito provavelmente, a maior preocupação dos idosos pois é do nível de força muscular que resulta ou não a possibilidade de este executar as várias tarefas diárias. A principal razão para esta perda é a síntese proteica. Com o avançar da idade a capacidade de síntese proteica diminui bastante o que leva a um decréscimo da massa muscular. Como consequência da perda de massa muscular decresce a capacidade de produção de força e a capacidade aeróbia. Convém salientar que vários estudos mostram que a capacidade de um idoso ganhar força é semelhante à de um indivíduo mais novo se os valores de ganho forem expressões em função da quantidade de musculatura existente, ou seja, é a diminuição quantitativa da massa muscular que leva à diminuição da força no idoso porque em termos qualitativos essa mesma mantém as mesmas potencialidades. A prática regular de exercício físico ajuda a evitar a perda de massa muscular. [28]
- **Evolução da coordenação neuro-muscular:** A segunda razão da diminuição de força no idoso passa pela perda de enervação motora. Como causa desta diminuição está a perda de axónios modelares que pode chegar aos 40% e de velocidade de condução, valor que pode atingir os 15%. [29] É como consequência destas perdas que surgem as dificuldades na execução de movimentos complexos ou que exigem reflexos rápidos. Vários estudos mostram que indivíduos idosos que se mantêm activos com exercícios psicomotores variados apresentam reflexos mais rápidos do que indivíduos mais novos mais sedentários. Com a actividade física e resultante ganho de força e combate à deterioração psicomotora, o grande número de quedas e consequente morbilidade no idoso pode ser um problema fortemente travado.
- **Evolução da termoregulação:** Com o envelhecimento a percentagem de hidratação do individuo diminuiu bem como a de sudorese [30]. Os idosos

ficam assim mais susceptíveis ao excesso de calor quer durante a prática de exercício quer em repouso. Por esta razão se deve ter bastante atenção quando o idoso se encontra afectado por surtos de calor ou de frio.

- **Evolução da composição corporal:** Com o avançar da idade aumenta também a tendência para uma alimentação mais descuidada, mais calórica e também para a diminuição da actividade física o que, juntamente com a perda de massa muscular e com a progressiva dificuldade de mobilizar a gordura de reserva leva a um aumento da massa gorda. Estudos levados a cabo ao longo dos anos revelam uma tendência para a perda de cerca de 1 a 2Kg de massa magra por década [26]. Indivíduos cuja prática de exercício se manteve ao longo dos anos, apresentam perdas de massa magra menores.
- **Evolução da massa óssea:** A massa óssea aumenta progressivamente até atingir o seu pico por volta dos 35 anos em ambos os sexos. A partir desta idade, a quantidade presente em determinado momento dependerá quer do pico que se conseguiu alcançar quer da perda óssea acumulada até ao momento em questão. A actividade física, se iniciada precocemente, influencia estes dois factores. Por se associar a um maior conteúdo mineral ósseo, leva a um maior pico de reserva de massa óssea aos 35 anos reduzindo a perda adjacente ao avançar da idade e atrasando as manifestações clínicas desta como a osteoporose. [31]

3.2 – Serão os idosos treináveis?

Poderão ainda os idosos desenvolver adaptações em resposta aos estímulos de um programa de actividade física?

De uma forma geral a resposta é sim, no entanto esta depende do contexto individual e do nível de capacidade aeróbia do indivíduo no ponto de partida.

Se o indivíduo for sedentário as respostas ao treino são boas e assiste-se a melhorias significativas, mas se o indivíduo for treinado essa evolução depende em grande parte da intensidade das cargas.

O gráfico seguinte mostra a capacidade de resposta em função da idade da pessoa e do seu nível de condição física no ponto de partida.

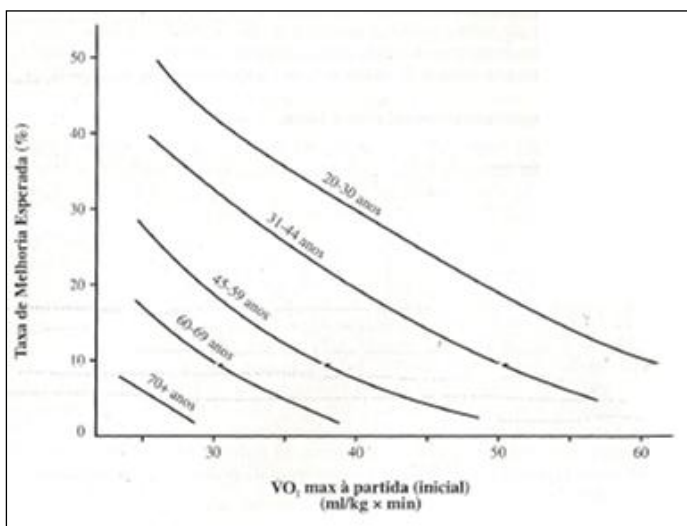


Gráfico 4 - Treinabilidade aeróbia em função da idade e nível prévio de condição física. O gráfico mostra curvas decrescentes indicando que os progressos são tanto mais acentuados quanto pior for o nível de partida (valor da capacidade aeróbia nas abcissas). Para a mesma carga, os progressos são também tanto menores quanto mais elevada a idade do indivíduo. [32]

Já foi reforçada várias vezes a importância da actividade física na juventude mas importa salientar que indivíduos que foram grandes desportistas nesta fase mas que, após terminada a prática competitiva, sedentarizam por completo, têm na verdade menor probabilidade de apresentarem bons níveis físicos e de saúde quando comparados com indivíduos que nunca competiram mas que sempre mantiveram a actividade física de forma regular ao longo da vida. É por isto importante que indivíduos que tenham atingido altos níveis desportivos mantenham alguma actividade física aos longos dos anos.

3.2.1 – Que tipo de esforços podem os idosos fazer?

O ponto de partida para um programa de exercícios é comum a qualquer indivíduo em qualquer idade: os objectivos que se pretendem alcançar com esse programa.

Como já se viu, todas as capacidades físicas no idoso são susceptíveis de melhorar, no entanto devem privilegiar-se as que estão associadas às melhorias de saúde e qualidade de vida, em geral do bem-estar físico e psicológico do idoso.

Só através de uma boa avaliação medica e da condição física é possível prever quais os riscos que o idoso poderá correr com as diversas actividades. Os riscos não estão directamente relacionados com a idade do indivíduo mas sim com as suas limitações fisiológicas. Apesar de o aumento da idade tornar estas limitações mais prováveis é necessário procurá-las antes de prescrever um programa de treino quer se esteja perante uma criança, um adulto ou um idoso.

3.3 – Saúde, qualidade de vida e longevidade

A melhoria na saúde, qualidade de vida e bem-estar que o indivíduo adquire ao praticar regularmente actividade física já não levantam dúvidas, mas poderá isso traduzir-se em dias de vida? É aqui que entra o conceito de longevidade, influenciado pelo exercício, o nível de condição física e os comportamentos e estilo de vida adoptado pelo indivíduo ao longo dos anos.

Ao praticar regularmente actividade física, a protecção relativa ao aparecimento de factores de risco (como hipertensão, colesterol, obesidade) que podem levar a uma morte prematura, como o enfarte do miocárdio, é muito maior e como tal pode falar-se em aumento do número de dias de vida.

Vários estudos etimológicos comprovam que indivíduos que gastam 2000Kcal ou mais por semana ao praticarem exercício físico reduzem o risco de morte prematura em 16% e se mantiverem esse hábito ao longo dos anos, aumentam a sua longevidade em número de dias que variam consoante a idade a partir da qual esse hábito se enraíza. [33]

Idade de entrada	Dias de vida ganhos
40	507
50	438
60	339
70	161

Tabela 3 – Dias de vida ganhos com o exercício físico consoante a idade de início de actividade [33]

Nunca é tarde para começar a praticar regularmente actividade física, os benefícios podem traduzir-se num aumento em número de dias que pode ir de meio ano a um ano e meio.

Em jeito de conclusão, se todos os adultos tivessem como hábito enraizado a prática regular de actividade física (3 a 4 horas por semana), a esperança média de vida em Portugal poderia passar de 78, dados do Instituto Nacional de Estatística, para 78 anos e meio.

Capítulo 4 - Avaliação da condição física

Parte integrante da presente dissertação prende-se com as duas questões: “Como avaliar a condição física dos idosos?” e, “Como monitorizar a sua evolução?”.

Ao longo deste capítulo encontrar-se-ão respostas para a primeira.

Antes de iniciar qualquer tipo de exercício físico o indivíduo deve ser sujeito a dois tipos de avaliação: a avaliação clínica e a avaliação física, imprescindivelmente por esta ordem pois só sendo considerado apto para o exercício (com todas as restrições médicas que lhe poderão ser impostas) o indivíduo poderá submeter-se a uma avaliação da condição física.

4.1 – Avaliação clínica – questionário clínico

A avaliação clínica divide-se em duas partes, o questionário clínico e exames de diagnóstico.

Deve ser feita por um médico, preferencialmente o médico de família do idoso em questão por o acompanhar há mais tempo, e dela, dado o contexto clínico individual, devem sair respostas para:

- Quais as actividades físicas mais aconselhadas;
- Quais as actividades físicas contra-indicadas;
- Quais os hábitos medicamentosos e outros adoptados pelo paciente que podem interferir com o seu desempenho físico.

4.1.1 - Actividades físicas aconselhadas e contra-indicações

A resposta às duas primeiras perguntas é crucial dada a faixa etária dos indivíduos destinatários do presente projecto.

Se escolher actividades físicas para jovens ou adultos saudáveis é uma tarefa simples e que não levanta grandes dúvidas, para indivíduos com mais de 65 anos esta tarefa aumenta em dificuldade, principalmente quando estes indivíduos apresentam um quadro clínico cujas doenças beneficiam bastante com a prática de actividade física mas que lhe colocam riscos aumentados.

É por esta razão a importância crucial de estudar a presença de doenças coronárias, insuficiências respiratórias, hipertensão arterial, diabetes, doenças reumáticas, entre outras.

A adequação da actividade física deve ser aprofundada para cada uma destas doenças de modo a que a mesma traga ao indivíduo o máximo de benefícios e o mínimo de riscos.

O médico poderá aconselhar certos tipos de exercícios, desaconselhar outros ou ainda impor contra-indicações.

As contra indicações ao exercícios podem ser absolutas ou relativas.

Ao serem absolutas o indivíduo está impedido de praticar toda e qualquer forma de actividade física, é considerado inapto à prática de exercício físico e não seguirá para a avaliação física.

Ao serem relativas, a prática pode ser feita mas restrita a certo tipo de actividades, de intensidade ou local.

Tanto as contra-indicações absolutas como as relativas podem ser temporárias ou permanentes.

Um exemplo de uma contra-indicação absoluta temporária citada por vários profissionais da área é a síndrome febril agudo. Perante um quadro de síndrome febril agudo o rendimento do indivíduo é consideravelmente menor, a termorregulação é menos eficaz e o risco de sofrer lesões bastante maior. Por estas razões o indivíduo está impedido de realizar exercício físico até que essa situação patológica se extinga.

A hipertensão arterial e as doenças coronárias são exemplos de contra-indicações relativas permanentes. O indivíduo pode praticar exercício físico mas as actividades desenvolvidas devem ser de baixa intensidade de modo a evitar uma elevação tensional exagerada ou isquemia miocárdica.

Outras contra-indicações relativas permanentes: um único rim a funcionar, epilepsia, susceptibilidade de deslocamento da retina.

Durante a avaliação clínica o médico deverá também avaliar o espírito competitivo ou lúdico do paciente e as motivações que o levam à prática de actividade física.

Um indivíduo com espírito competitivo tende a esforçar-se ao máximo para atingir objectivos e para superar os outros esquecendo por vezes as contra-indicações a que esta sujeito e ficando susceptível a um maior risco de lesão pelo que, a prescrição de exercício deve ser mais cautelosa.

Para finalizar as duas primeiras questões realça-se a importância da existência de lesões ao longo do trajecto desportivo do idoso. Um indivíduo com tendência a sofrer rupturas musculares de repetição ou entorses deveria ter um cuidado acrescido com o treino de flexibilidade e não deve descuidar o aquecimento muscular e os alongamentos antes e depois da prática.

4.1.2 – Hábitos medicamentosos e estilos de vida

Segundo um estudo da Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa os idosos portugueses tomam em média 7 comprimidos por dia.

São vários os medicamentos susceptíveis de diminuir a capacidade física, como os β -bloqueadores, ou aumentar os riscos associados ao exercícios, como a insulina (perigo de hipoglicémia) os ou diuréticos (perigo de desidratação). No caso dos primeiros, β -bloqueadores, incorre ainda uma maior dificuldade em controlar a intensidade da actividade física dada a sua função de diminuição da frequência cardíaca.

A avaliação clínica deve finalizar como a caracterização dos hábitos de vida do idoso adjacentes à prática de actividade física, se necessário, a sua reprogramação, e com a prescrição de exames complementares.

Devem ser analisados os hábitos nutricionais e de stress, a existência de hábitos tabágicos, o uso regular de saunas e banhos turcos e avaliada a consciencialização na ingestão de líquidos antes, durante e depois do exercício.

Dado o elevado risco de subnutrição e de desidratação a que o idoso está sujeito é necessário avaliar se a ingestão calórica e líquida é adequada à sua prática física e se o uso regular de saunas não interfere com o seu estado de hidratação.

4.1.3 – Inquérito

Todos os indivíduos seniores do concelho do Seixal abrangidos por este projecto pertencem às diversas associações desportivas espalhadas pelo concelho e como tal, são considerados pelo seu médico como aptos à prática de actividade física. No entanto ao recolher informação sobre o tipo de actividades indicadas ou contra indicadas ou ainda restrições temporárias ou definitivas a que cada um está sujeito deparei-me com informações muito pouco detalhadas.

Com o objectivo de colmatar essa escassez de informação e estudar as características clínicas relevantes à prática de actividade física de cada indivíduo procedeu-se à implementação de um questionário (anexo 2) onde figuram perguntas que resultam dos aspectos realçados ao longo deste sub-capítulo.

Paralelamente aos inquéritos foi preenchido um termo de confidencialidade e de permissão para utilização dos resultados na presente dissertação.

A metodologia de implementação dos inquéritos bem como os resultados estatísticos obtidos são apresentados no capítulo seis.

4.2 – Exames complementares – análises clínicas

O tipo de exames complementares a pedir depende da idade, do nível de esforço que se espera e do contexto clínico de cada indivíduo. Especificamente para este projecto estes exames não serão prescritos pelo médico responsável pela avaliação clínica.

A Câmara Municipal do Seixal, em particular o gabinete Seixal Saudável e gabinete de Desporto expuseram o projecto de *avaliação e monitorização da condição física dos habitantes seniores do concelho* à Cruz Vermelha Portuguesa pedindo a sua colaboração. Desta reunião resultou uma parceria entre as duas entidades, ficando a Cruz Vermelha, com o apoio da Lion¹¹, responsável pela elaboração das análises laboratoriais. Assim, todos os idosos abrangidos pelo projecto serão submetidos às seguintes análises:

Nível de Hemoglobina: o hemograma justifica-se pela dificuldade em detectar anemia nos idosos.

Ficha lipídica: Nos adultos com factores de risco e nos idosos, ou em todos os indivíduos com dislipidémia¹² é necessário efectuar este tipo de análises regularmente o que permite

¹¹ A Lion é uma marca de chocolates da Nestlé, uma marca portuguesa registada.

¹² Entende-se por dislipidémia a presença de níveis elevados ou anormais de lípidos e/ou lipoproteínas no sangue

inclusive avaliar a resposta do perfil lipídico ao exercício. Serão efectuadas análises aos níveis de Colesterol total, fracção de HDL e Triglicéridos¹³.

Bioquímica: Os exames bioquímicos rotineiros geralmente prescritos pelo médico são: glicemia, função renal, ácido úrico, função hepática e urina tipo 2. Dado o objectivo de realização destes exames, o acompanhamento evolutivo das análises face à prática desportiva, os exames a realizar serão apenas os de glicemia, ácido úrico.

Estas análises laboratoriais serão efectuadas antes da avaliação física e repetir-se-ão periodicamente como apresentado no próximo capítulo.

Uma correcta avaliação clínica permite que a actividade física prescrita se adeque correctamente ao indivíduo tornando os riscos com a sua prática mínimos e os benefícios máximos.

4.3 – Avaliação da condição física

Uma vez considerado apto à prática de actividade física, com todas as contra-indicações a que poderá estar sujeito, o indivíduo poderá submeter-se à avaliação da sua condição física.

Ao avaliar o estado da condição física do indivíduo visado é essencial ponderar a forma como as informações daí obtidas se vão relacionar com o tipo de desempenho e com a saúde.

Realçam-se as três componentes seguintes para a avaliação da condição física.

Componentes	Factores
Morfológica	Composição corporal Massa óssea
Muscular	Força, potência e resistência musculares Flexibilidade
Cardiorrespiratória e metabólica	Capacidade aeróbia máxima Capacidade aeróbia sub-maxima Metabolismo glucídico e lipídico

Tabela 4 – Componentes da condição física visadas neste projecto

A todos os indivíduos seniores aptos para o exercício físico, serão aplicados testes como forma de mensuração e avaliação de cada uma das componentes apresentadas.

Os critérios principais levados em consideração para a escolha dos diversos métodos a implementar para avaliação de cada componente são: a facilidade de execução, a rapidez de execução e obtenção dos resultados, a transportabilidade, o conforto do avaliado e a relação qualidade/preço dos instrumentos a utilizar.

4.3.1 - Componente Morfológica – Avaliação da composição corporal

A avaliação da composição corporal tem sido alvo de grande atenção por parte de vários profissionais de diferentes áreas e com objectivos diversos que vão desde o aconselhamento nutricional à prescrição do exercício físico.

¹³ A fracção de LDL é calculável pela equação de Friedwald: $LDL-c = Total-c - HDL-c - (Triglicéridos/5)$

Entre os vários objectivos de uma avaliação a esta componente morfológica destacam-se, no contexto da presente dissertação:

- **A caracterização genérica do estado nutricional do idoso.**
É crucial avaliar a composição corporal do idoso como indicador do seu estado nutricional. Segundo um estudo NutriActian2008, divulgado pela associação Nacional de Farmácia a propósito do Dia Mundial do Idoso, 7 em cada 10 pessoas com mais de 65 anos estão mal nutridas. Várias poderão ser as razões para tão grande proporção, desde a falta de apetite às dificuldades na preparação das refeições ou ainda aos problemas económicos.
- **A indicação da presença de factores de risco para as doenças cardiovasculares.**
Como foi dito anteriormente, com o processo de envelhecimento a perda de massa muscular, em ambos os sexos, torna-se mais acentuada o que provoca um aumento percentual da massa gorda. O excesso de massa gorda está associado a factores de risco como a hipertensão, a resistência à insulina e é, por si só, um factor de risco aterogénico tendente a aumentar a morbilidade e mortalidade [34].
No entanto, embora a sub-divisão em massa gorda e massa isenta de gordura permita uma mais sensível caracterização biológica da composição corporal, vários investigadores defendem que a topografia de distribuição da massa gorda no organismo é mais crítica para a apreciação do risco do que a quantidade de massa gorda total [35].
- **O indicador indirecto dos níveis de actividade física habitual e de alguns de aptidão física.**

De uma forma geral, e independentemente do contexto, a avaliação periódica da composição corporal é de extrema importância uma vez que, em muitas circunstâncias, razões estéticas, sociais e profissionais não são compatíveis com a saúde.

4.3.1.2 – Métodos de avaliação

Esta componente morfológica pode ser avaliada através de duas técnicas: não laboratoriais ou simples e laboratoriais.

As primeiras, além de serem rápidas e de baixo custo, apresentam grande aplicabilidade, são exemplos a bioimpedância, e a antropometria, as segundas utilizam procedimentos geralmente caros e mais demorados o que inviabiliza a sua utilização no presente projecto (dados os parâmetros de escolha apresentados anteriormente) e como tal não serão desenvolvidos, são exemplos: a contagem de potássio radioactivo (K40 e K42), o ultra-som, o raio-x, a ressonância nuclear magnética e a densimetria

Actualmente estão disponíveis vários métodos não laboratoriais de avaliação da composição corporal tendo como raízes teóricas modelos diferenciados.

Cada um destes modelos apresenta características teóricas e metodologias de procedimentos que lhes conferem uma maior ou menor validade, facilidade de utilização e fiabilidade. São estas características que diferenciam os vários métodos e que os tornam mais ou menos aconselháveis em função da precisão desejável e dos fins requeridos.

Segue-se uma breve apreciação aos métodos de referência associados a cada modelo.

Modelos e métodos analíticos de referência

Segundo (HEYWARD 1998, KISS 1999, NIEMAN 1999) define-se composição corporal como a “*proporção entre as diferentes componentes corporais e a massa gorda total expressa pela percentagem de gordura e massa magra*”.

Na figura seguinte apresentam-se os modelos bicompartimentais, tricompartimental e tetracompartimentais de composição corporal [36].

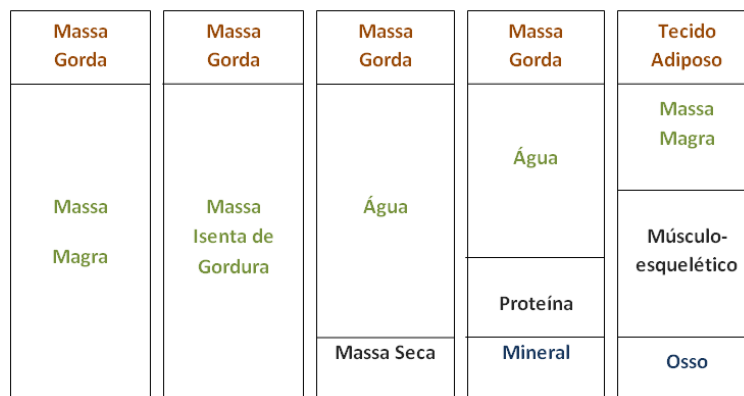


Figura 8 – Modelos bicompartimentais, tricompartimental e tetracompartimentais de composição corporal

Na análise à figura são patentes as diferenças terminológicas de cada modelo, não existe uma normalização conceptual relativamente aos termos utilizados.

Para prevenir estas diferenças e clarificar a relação entre os diversos compartimentos, Wang & Col desenvolveram um modelo de composição a cinco níveis (figura 10) onde cada um apresenta diferentes componentes de definição precisa evitando assim sobreposição entre os componentes do mesmo nível.

Segundo os autores deste modelo, a composição corporal pode assim ser avaliada nos seguintes níveis:

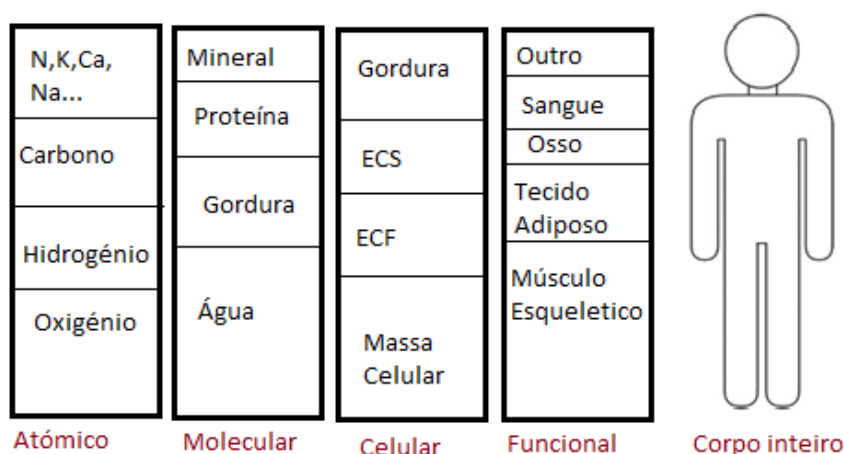


Figura 9 – Modelo de análise da composição corporal com cinco níveis (adaptado de [57])

Grande parte dos métodos utiliza o nível dois, em que o organismo é dividido em massa gorda e massa isenta de gordura¹⁴.

Brozek & Col [38] recorreram a cadáveres e verificaram que a 36°C a MIG era composta por 73,8% de água, 6,8% de mineral e 19,4% de proteínas com densidades correspondentes a 0,9937 g/cm³, 3,038 g/cm³ e 1,34 g/cm³. No total, à MG é conferida uma densidade de 0,9g/cm³ e à MIG uma densidade de 1,1g/cm³.

No que concerne à MG parece não existir diferenças de densidade entre sexos, grupos étnicos ou ainda faixas etárias [39], no entanto em relação à MIG esta estabilidade é questionável.

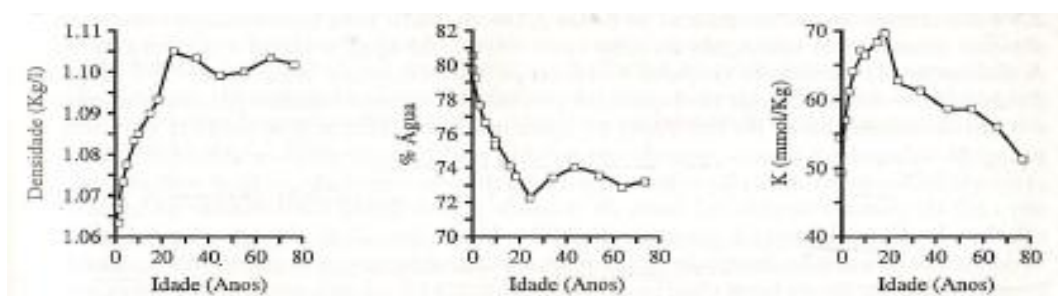


Figura 10 – Alterações da densidade, água e potássio corporal em função da idade

De acordo com Siri [40] o desvio padrão induzido pela variabilidade na composição da MIG pode induzir um erro de cerca de 4% na estimação da massa gorda. Quando os métodos analíticos são baseados em modelos bicompartimentais são assim de prever erros de estimação de MG desta ordem.

Os modelos que têm servido de suporte conceptual aos métodos não laboratoriais são: modelos bicompartimentais, tricompartimentais e tetracompartimentais.

Apesar dos estudos de Siri estimarem erros na ordem dos 4% para este tipo de modelos, grande parte dos modelos analíticos foram desenvolvidos e validados considerando o modelo a dois compartimentos.

A utilização dos modelos tricompartimentais partem do princípio de que quanto maior for o numero de componentes medidos, menor será o erro de estimação de MG.

De destacar entre estes modelos o concebido por Lohman [41] que tende a aumentar a precisão da estimação da MG essencialmente em pessoas idosas:

$$\%MG = \left[\left(\frac{6,386}{DC} \right) + 3,961M - 6,090 \right] \times 100 \quad (17)$$

(DC = densidade corporal; M = percentagem de mineral corporal)

Lohman assumiu densidade de 0,9007 g/cm³ para a MG, 3,037g/cm³ para o mineral, 0,99007 g/cm³ para a água e 1,0486g/cm³ para a densidade da proteína mais água.

¹⁴ A designação de massa isenta de gordura tem sido adoptada em detrimento de massa gorda e comporta todos os constituintes corporais que não incluem lípidos, dada a dificuldade em estimar com precisão a massa gorda essencial.

Nos idosos a razão água/proteína tende a ser mais estável do que a massa mineral e como tal, a precisão da presente fórmula é mais elevada.

Actualmente, os modelos tetracompartimentais integram os mais complexos modelos e o mais elevado conhecimento na avaliação da composição corporal.

Tendo como base os vários modelos apresentados, foram concebidas equações generalizadas ou específicas para uma determinada população.

4.3.1.2 - Métodos não laboratoriais - Bioimpedância

Dos métodos não laboratoriais para avaliação da gordura corporal em adultos as medidas antropométricas e a bioimpedância são as mais aplicadas na prática clínica e desportiva.

A impedância eléctrica ou bioimpedância, baseia-se no conceito de que o fluxo eléctrico é facilitado pelo tecido hidratado (isto é, isento de gordura) por este apresentar resistência eléctrica quando comparado ao tecido adiposo. Assim, a impedância ao fluxo da corrente eléctrica será tanto menor quanto menor a quantidade de gordura corporal. [40]

Tem-se observado nos últimos tempos um crescente interesse por esta técnica uma vez que se apresenta como um método portátil, rápido e que não causa qualquer desconforto.

Através de dois eléctrodos emissores é aplicada uma corrente alternada de baixa intensidade, na ordem dos 800 μ A e de frequência 50Hz, que utiliza o fluxo intra e extracelular como condutor e as membranas celulares como condensadores. A diferença de corrente é detectada por dois eléctrodos receptores.

Com o avaliado em decúbito dorsal, os eléctrodos emissores e receptores são colocados distalmente na face dorsal da mão e pé como mostra a figura



Figura 11 – Foto ilustrativa da colocação dos eléctrodos pelo método bioimpedância [42]

Apesar da simplicidade, rapidez de execução e baixo custo deste métodos, para que a sua acurácia não seja afectada é necessário que o indivíduo:

- Se apresente apropriadamente hidratado;
- Esteja com jejum de pelo menos duas horas;
- Não tenha realizado actividade física intensa nas últimas 24 horas;
- Não tenha ingerido bebidas alcoólicas nas doze horas anteriores;

- Tenha urinado e evacuado antes da avaliação

Durante a execução do exame é necessário que:

- Os eléctrodos estejam colocados correctamente;
- A pele do individuo se apresente limpa, seca e com temperatura patologicamente normal;
- Os membros superiores se mantenham levemente afastados do tronco;
- Após adoptada a posição de decúbito dorsal, o indivíduo deve manter-se tranquilo e sem se movimentar.

Estas pré-condições à execução deste método colocam entraves à sua eficiência em idosos.

Como foi apresentado no capítulo 3 a percentagem de hidratação diminui com a idade o que, acoplado à irregular prática de ingestão de líquidos nos idosos torna a percentagem de erro deste método, baseado na condução da corrente eléctrica através dos fluidos intra e extracelulares, maior quando aplicada à população idosa.

As restantes pré-condições podem também apresentar-se como não exequíveis neste grupo populacional. Certos idosos ingerem uma elevada quantidade de alimentos o que os impede de permanecer mais de duas horas em jejum, apresentam muitas vezes estados febris, mesmo que leves, o que provoca um aumento da temperatura fisiologicamente normal do corpo e sentem dificuldade em manterem-se imóveis durante algum tempo.

Na presença destas dificuldades a avaliação da composição corporal através da bioimpedância perde bastante eficácia.

4.3.1.3 – Métodos não laboratoriais - Antropometria

A palavra antropometria provém do grego *anthropos*, “homem” e *metron*, “medida” e define-se como o conjunto de técnicas utilizadas para medir o corpo humano ou suas partes.

A antropometria apresenta-se como método mais utilizado para avaliação da composição corporal pela sua aplicabilidade no campo e dada a sua relativa simplicidade e baixo custo de equipamentos utilizados, parâmetros preferenciais na escolha dos métodos a aplicar.

Através das medidas adquiridas é possível não só fazer o estudo corporal como as alterações de medidas decorrentes da prática dos exercícios físicos proporcionando dados de grande valia dado o objectivo deste projecto.

Neste método destacam-se vários protocolos que podem ser divididos em: índices antropométricos, técnicas que utilizam dobras cutâneas, técnicas que utilizam medidas de circunferência e técnicas mistas que combinam dobras cutâneas, medidas de circunferência e diâmetros ósseos.

Por razões que vão sendo apresentadas ao longo da sua descrição, os protocolos a empregar serão os que utilizam dobras cutâneas e medidas de circunferência.

Dobras cutâneas:

A base lógica para a utilização das dobras cutâneas como um meio de estimação da gordura corporal reside no facto de existir um relação entre a gordura localizada nos depósitos adiposos existentes debaixo da pele e essa estar directamente relacionada com a gordura corporal. [43]

De acordo com HEYWARD & STOLARCZYK (2000,p.14), esta técnica assenta em três pressupostos:

- i) **A DOC é uma boa medida da gordura subcutânea:** a DOC é uma medida da espessura de duas camadas de pele e a gordura subcutânea adjacente. Várias pesquisas demonstraram que a gordura subcutânea, avaliada por este método em doze locais, é semelhante ao valor obtido por imagens de ressonância magnética. No entanto, isso não acontece em alguns locais específicos, onde estas medidas acusaram quantidades de gordura significativamente menores às obtidas directamente por imagens de ressonância magnética;
- ii) **A distribuição da gordura subcutânea e interna é similar para todos os indivíduos do mesmo sexo:** vários autores questionam a validade deste pressuposto. Dentro do mesmo sexo e com a mesma densidade corporal, indivíduos mais velhos têm proporcionalmente menos gordura subcutânea que indivíduos mais jovens. Para além disso, o nível de gordura corporal total afecta a quantidade relativa de gordura interna e subcutânea;
- iii) **Dada a relação entre a gordura subcutânea e gordura corporal total, o somatório de várias dobras cutâneas pode ser utilizado para estimar a gordura corporal total:** pesquisas estabelecem que as espessuras das dobras cutâneas em diversos locais medem um factor comum de gordura corporal. Estabelece-se que, tanto nos homens como nas mulheres, aproximadamente um terço da gordura da gordura corporal total esteja localizado sob a pele. No entanto, existe uma variação biológica considerável na distribuição da gordura pelos depósitos de gordura subcutânea, intramuscular e dentro dos órgãos internos, bem como nas gorduras essenciais à medula óssea e ao sistema nervoso central. Esta variação biológica é afectada pela idade, sexo e grau de obesidade. Neste sentido, estes factores precisam ser considerados na escolha das equações de estimação da gordura corporal relativa.

❖ **Estimação da densidade corporal**

Partindo do princípio de que existe uma relação entre o somatório das dobras cutâneas e a densidade corporal e de que a idade é uma variável de predição independente da densidade corporal tanto para os homens como para as mulheres, pode calcular-se a densidade corporal através da combinação de equações matemáticas. Estas equações podem ser específicas, quando a relação entre as dobras e a densidade corporal é linear ou generalizadas, quando esta relação é não linear.

A literatura apresenta dezenas de equações para predição da DC. Por razões óbvias apenas se expõem as que se apresentam mais fidedignas para a população em questão.

Para evitar erros acentuados é necessário verificar a base populacional quando se escolhe uma equação. Não faz sentido utilizar equações desenvolvidas para e testadas em jovens, nos idosos e vice-versa. Para além da idade é também importante analisar a nacionalidade dos testados pois, dadas as diferenças fenotópicas entre caucasianos, negros ou asiáticos, os resultados podem ser equivocados

Independentemente da equação utilizada, o erro final da medida da densidade corporal, ao utilizar-se o métodos de dobras cutâneas, é função do erro predito dessa equação, do erro de medida do método de referência e do erro biológico.

O erro predito da equação decorre dos seguintes pressupostos [44]:

- A compressibilidade da pele e gordura subcutânea é constante;
- A espessura da pele é constante em todas as partes do corpo;
- A distribuição relativa da gordura é constante na população;
- Há uma proporção fixa da massa gorda interna e interna e subcutânea;

A este erro deve associar-se o erro decorrente do método de referência até à predição da DC a partir das pregas cutâneas e ainda o erro biológico decorrente dos seguinte pressupostos [44]:

- As densidades da MG e MIG são constantes;
- Os constituintes individuais da MG e da MIG têm densidades constantes;
- Os contributos relativos de cada constituinte da MIG são constantes.

As equações validadas com modelos tetracompartimentais e com validade cruzada são os que apresentam menor erro final de medição pois, apesar do erro predito da equação não se alterar e de poder incorrer um ligeiro aumento no erro de medida, por ser utilizado mais que um método analítico, o erro biológico decresce marcadamente.

❖ Equações a utilizar

Na selecção das equações mais apropriadas, para além da especificidade da população alvo, há que considerar:

- i) A magnitude do coeficiente de correlação com a técnica de referência;
- ii) O erro padrão de estimativa;
- iii) A quantidade de compartimentos do modelo de validação;
- iv) A observância do princípio de validação cruzada, numa amostra diferente da qual a equação foi desenvolvida.
- v) A concordância interlaboratorial utilizando as mesmas técnicas e sujeitos.

Já foi realçado o facto de poderem ser empregues várias equações para estimação da densidade corporal, no entanto são escassos os estudos e publicações científicas sobre equações específicas para a população idosa. Por esta razão, e porque nos últimos tempos a tendência para o desenvolvimento deste tipo de equações tem-se tornado cada vez maior, o uso de equações generalizadas apresenta-se a solução possível.

DURNIN & WORMERSLEY (1974) [45] foram os primeiros a considerar a abordagem generalizada. Estes autores publicaram equações representadas por uma única curva comum, mas que podia ser ajustada para levar em conta a idade. Com base numa amostra de 209 homens entre os 17 e 72 anos e 272 mulheres entre os 16 e os 68 anos, propuseram 10 equações por faixas etárias e duas generalizadas para cada género. Os erros de estimação destas equações são de 0,0103 g/cm³ para os homens e 0,0116 g/cm³ para as mulheres. Estas equações comportam uma transformação logarítmica pelo que os erros de predição nos limites inferior e superior da idade estão controlados.

Se a idade do avaliado for superior ao limite da faixa etária será aplicada a equação correspondente à última faixa etária, 50-72 anos no caso dos homens e 50-68 anos no caso das mulheres não se garantindo assim a mesma eficácia, no entanto dada a escassez de equações para idades superiores às representadas, aplicar-se-á também o método das circunferências corporais como forma de minimizar o erro de estimação da MG.

Sexo	Faixa etária (anos)	Equação
Masculino	17-19	$DC = 1,1620 - 0,0630 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	20-29	$DC = 1,1631 - 0,0632 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	30-39	$DC = 1,1422 - 0,0544 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	40-49	$DC = 1,1620 - 0,0700 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	50-72	$DC = 1,1715 - 0,0779 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	17 a 72 (generalizada)	$DC = 1,1765 - 0,0744 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
Feminino	16-19	$DC = 1,1549 - 0,0678 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	20-29	$DC = 1,1599 - 0,0717 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	30-39	$DC = 1,1423 - 0,0612 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	40-49	$DC = 1,1333 - 0,0645 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	50-68	$DC = 1,1339 - 0,0645 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$
	16 a 68 (generalizada)	$DC = 1,1567 - 0,0717 \log_{10}(TR + BC + SE + SI)$

Tabela 5 – Equações de predição da densidade corporal através do método de cutâneas. Legenda:
TR= dobra tricipital; BC= dobra bicipital; SE= dobra subescapular; SI= dobra suprailíaca.

Vários estudos e publicações científicas reconheceram a aceitabilidade e aplicabilidade destas equações para as faixas etárias [50-72] nos homens e [50-68] nas mulheres, por esta razão e pelos parâmetros apresentados anteriormente estas foram escolhidas em detrimento das outras. Dentre os vários estudos que corroboraram a fiabilidade destas equações destacam-se resumidamente:

Em 1997 BARRERA, SALAZAR, GAJARDO, GATTÁS & COWARD utilizaram a diluição isotópica de deutério¹⁵ como método referencial para testar a validade de três técnicas de determinação da composição corporal: absorptometria radiológica de dupla energia, bioimpedanciometria e espessura das dobras cutâneas através das equações propostas por DURNIN & WOMERSLEY apresentadas. A amostra foi constituída por 31 homens saudáveis. Todos os métodos apresentaram resultados similares aos valores referenciais, conferindo validade aos mesmos para a avaliação da gordura corporal neste grupo.

Em 1998 KURIYAN, PETRACCHI, FERRO-LUZZI, SHETTY & KURPAD, utilizaram a pesagem hidrostática para testar a validade das duas técnicas não laboratoriais: a impedância bioelétrica e a antropometria através das equações de DURNIN & WOMERSLEY. Utilizaram uma amostra composta por 99 homens e 89 mulheres do sul da Índia. Para ambos os sexos foram encontrados resultados válidos tanto para a bioimpedância quanto para as equações de espessura de dobras cutâneas.

❖ Cálculo da MG

Obtida a medida de densidade corporal através das equações de DURNIN & WOMERSLEY, a conversão em percentagem de massa gorda pode fazer-se recorrendo-se à equação de Siri [60]: $\%MG = \left(\frac{4,95}{DC} - 4,50 \right) \cdot 100$ ou à seguinte tabela de conversão:

¹⁵ O deutério é um dos isótopos estáveis do hidrogénio (símbolo ²H), informalmente simbolizado pela letra D.

Idade (anos)	Sexo	Raça	%GC
17-19	Masculino	-	$[(4,99/DC)-4,55].100$
	Feminino	-	$[(5,05/DC)-4,52].100$
20-80	Masculino	Branca	$[(4,95/DC)-4,50].100$
		Negra	$[(4,37/DC)-3,93].100$
	Feminino	Branca	$[(5,01/DC)-4,57].100$
		Negra	$[(4,85/DC)-4,39].100$

Tabela 6 – Equações de conversão da DC em %GC consoante a idade, sexo e raça.

Especificamente para mulheres anoréxicas deva utilizar-se a seguinte fórmula de conversão da DC em %MG [66]:

$$\%MG = \left(\frac{5,26}{DC} - 4,83 \right) . 100 \quad (18)$$

Apesar da equação de *Siri* ser a mais utilizada e de ser reconhecida pela “*Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO)*” como a técnica padrão para avaliar a percentagem de gordura dos idosos, ela apenas deve ser usada para indivíduos adultos do sexo masculino e de raça branca, caso contrário devem utilizar-se as fórmulas de conversão da tabela.

O erro predito após o cálculo da MG rondará os 3,9%MG, muito próximo dos limites aceitáveis.

Medidas de circunferência

A utilização de circunferências corporais como factores de predição da composição corporal assenta nos seguintes pressupostos [43]:

- As medidas de circunferência são afectadas pela massa gorda, massa muscular e tamanho ósseo: certas circunferências e diâmetros ósseos são indicadores da massa corporal magra enquanto outras circunferências estão altamente associadas ao componente de gordura.
- Equações antropométricas usando apenas circunferências como factores de predição, estimam a gordura corporal de indivíduos obesos com mais exactidão que equações de predição através de dobras cutâneas (SEIP & WELTMAN, 1991);
- Comparando com as dobras cutâneas, as circunferências podem ser medidas com menor possibilidade de erro;
- A fita métrica apresenta-se como um instrumento mais barato e de mais fácil manuseamento que o adipómetro.

Dentre as várias equações que podem ser utilizadas para determinar a percentagem de gordura através de circunferências corporais destacam-se as de WELTMAN et al (1987-1988) e Dotson & Davis (1991) e TRAN & WELTMAN (1989)

❖ Equações de Welman et al – equações específicas e generalizadas

Estes autores apresentaram entre 1987 e 1988 uma interessante proposta de equações específicas para homens e mulheres obesos entre os 24 e 68 anos e entre os 20 e 60 anos, respectivamente.

Vários estudiosos [43] concordam que a técnica de dobras cutâneas não deve ser utilizada na estimativa da gordura corporal nos obesos pois, com o aumento dos níveis de adiposidade, a proporção entre o tecido adiposo subcutâneo e o total modifica-se o que consequentemente, afecta a relação entre o somatório das dobras cutâneas e a densidade corporal. Neste sentido as equações desenvolvidas por estes autores tornam-se extremamente úteis na predição da gordura corporal dos obesos.

Equação específica para homens obesos dos 24 aos 68 anos:

$$\%GC = 0,31457 (C - AB) - 0,10969 (PC) + 10,8336 \quad (19)$$

Equação específica para mulheres obesas dos 20 aos 60 anos:

$$GC\% = 0,11077 (C - AB) - 0,17666 (AL) + 0,14354 + 51,0331 \quad (20)$$

Legenda: %GC = percentagem de gordura corporal; C = circunferência da cintura; AB = circunferência do abdómen; C-AB = média aritmética entre a circunferência da cintura e do abdómen, $C-AB=(C+AB)/2$; AL = altura; PC = peso corporal

De realçar que as duas equações só devem ser aplicadas em indivíduos com percentual de gordura superior a 30%. Nesse contexto, ambas as se mostraram válidas para a estimação da %GC na amostra de idosos, quando submetidas a critérios de validação cruzada.

Já em 1989, num estudo aprofundado a 482 mulheres entre os 15 e os 79 anos e, 462 homens entre os 22 e os 78 anos, os mesmos autores desenvolveram duas equações generalizadas para a estimação da densidade corporal.

A validação cruzada destas equações indicou que a validade de predição da equação para as mulheres era boa, com um erro padrão de estimativa de $0,0082 \text{ g/cm}^3$, mas que para os homens os resultados eram insatisfatórios, associados a um erro de $0,0107 \text{ g/cm}^3$.

Assim, apenas a equação generalizada para o sexo feminino e as equações específicas para obesos de ambos os sexos, se apresentam como um método válido para a estimativa da gordura corporal:

Equação generalizada para mulheres dos 15 aos 79 anos: (21)

$$DC = 1,168297 - [0,0002824.(C - AB)] + [0,0000122098.(C - AB)^2] - [0,000733128.(CQ)] \\ + [0,000510477.(AL)] - [0,00021661.(idade)]$$

Legenda: DC = densidade corporal; C circunferência da cintura; AB = circunferência do abdómen; C-AB = média aritmética entre a circunferência da cintura e do abdómen, $C-AB=(C+AB)/2$; CQ = circunferência do quadril; I = idade; AL = altura; PC = peso corporal

Para obter a estimativa da %GC através da DC utiliza-se a fórmula da tabela 6 para mulheres adultas.

Vários estudos apontam estas equações como válidas sendo o erro encontrado estimado em 1,7% para os homens e 2,4% para as mulheres. Apenas um estudo conhecido, levado a cabo por Rech e tal com 65 mulheres entre os 50 e os 75 anos de idade, apresentou valores pouco fidedignos como resultado destas equações que subestimaram em 5,2% a %GC desta amostra.

No entanto, as diferenças encontradas foram reportadas às diferentes características apresentadas pelo grupo de desenvolvimento da equação de Weltman: idade, nível de actividade física e características físicas.

❖ Equações de Dotson & Davis (1991)

Dotson e Davis utilizaram uma amostra de 440 homens e 220 mulheres e, através da análise da composição corporal, criaram em 1991 um método para determinação da percentagem de gordura corporal através de medidas de circunferência.

Este método foi largamente implementado nos EUA e os resultados obtidos em indivíduos teoricamente saudáveis foram dados como fidedignos. As equações apenas perdem a sua fiabilidade se aplicadas a indivíduos muito magros ou obesos.

Um estudo levado a cabo por TORRES em 1998 com o objectivo de comparar o percentual de gordura predito a partir de circunferências utilizando estas equações com o predito através de dobras cutâneas, acatou o primeiro método como o mais eficaz.

Equações generalizadas para homens: (22)

$$\%GC = \left[85,20969 \times \log_{10} \left(\frac{AB - PC}{2,54} \right) \right] - \left[69,73016 \times \log_{10} \left(\frac{estatura}{2,54} \right) \right] + 37,26673$$

Com $r=0,9$ e erro estimado=3,52%

Equações generalizadas para mulheres: (23)

$$\%GC = \left[161,27327 \times \log_{10} \left(\frac{AB + GL - PC}{2,54} \right) \right] - \left[100,81032 \times \log_{10} \left(\frac{estatura}{2,54} \right) \right] - 69,55016$$

Com $r=0,85$ e erro estimado=3,64%

Legenda: PC = circunferência do pescoço (cm); AB = circunferência do abdómen (cm); GL = circunferência do quadril (cm); estatura em cm

❖ Equação final

Vários estudos científicos publicados revelam uma tendência para a subestimação da gordura corporal através das dobras cutâneas e para uma sobrevalorização no método das circunferências corporais.

Como tal, o cálculo final da percentagem de gordura corporal do indivíduo idoso resultará da média aritmética dos dois valores obtidos pelos métodos referenciados, ou seja:

$$\%GC \text{ final do idoso} = \frac{\%GC \text{ via dobras cutâneas} + \%GC \text{ via circunferências}}{2} \quad (24)$$

Esta média apenas se aplicará a indivíduos não obesos uma vez que, os indivíduos obesos apenas serão submetidos ao método das circunferências corporais.

Nos restantes avaliados, equações a utilizar serão, pelo método das dobras cutâneas, as de DURNIN & WORMERSLEY, e pelo método das circunferências corporais as (19) e (20) para os obesos do sexo masculino e feminino, respectivamente, a (21) para as mulheres não obesas e as (22) para os homens não obesos:

Sexo	Situação	Eq. via dobras cutâneas	Eq. via circunferências
Masculino	Obeso	Não aplicável	(19)
	Não obeso	DURNIN & WORMERSLEY	(22)
Feminino	Obeso	Não aplicável	(20)
	Não obeso	DURNIN & WORMERSLEY	(21)

Tabela 7 – Equações a utilizar para a predição da gordura corporal dos seniores do Seixal.

4.3.1.4 - Fraccionamento da composição corporal

Uma vez conhecido o percentual de gordura corporal do idoso, é possível, através de simples equações estimar a percentagem de alguns componentes da sua composição corporal.

Se for considerado um fraccionamento da composição corporal em dois compartimentos, um modelo clássico, esta será subdividida em massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG).

Na verdade, as componentes corporais que mais sofrem influência com a actividade física são a massa muscular e a gordura pelo que a tendência tem sido de fraccionar o peso corporal nestas duas componentes:

$$MCT = MG + MIG \quad \text{Pelo que} \quad MG = \frac{\%GC \times MCT}{100} \text{ e } MIG = MCT - MG$$

onde: *MCT* = massa corporal total; *MG* = massa gorda; *MIG* = massa isenta de gordura.

Este é o fraccionamento mais simples e do ponto de vista desportivo, o suficiente para acompanhamento do indivíduo. No entanto, tratando-se de idosos, pode não ser o suficiente pois um terceiro componente crucial ao seu bem-estar diário não está a ser considerado: a massa óssea.

Como frisado anteriormente (ver capítulo idosos e actividade física), a massa óssea atinge o seu pico por volta dos 35 anos, idade a partir da qual a mesma começa a decair.

Segundo um estudo realizado em 1997 APO (Associação Portuguesa de Osteoporose), 60% das mulheres com mais de 75 anos sofrem de osteoporose [67]. São assim milhares os idosos portugueses a sofrerem desta patologia. O flagelo da osteoporose torna-se ainda mais preocupante quando confrontado com um outro estudo, este levado a cabo pelo “Center for

*Research and Prevention of Injuries – CEREPR*¹⁶ que concluiu que, na Europa¹⁶, 30% das pessoas com mais de 65 anos e 50% daquelas com mais de 80 anos caem todos os anos [48].

A necessidade de avaliação da massa óssea aponta-se assim como crucial no fraccionamento da composição corporal.

Em 1980 DRINKWATER & ROSS propuseram uma técnica de fraccionamento da massa corporal total em quatro compartimentos: Massa gorda (MG), massa óssea (MO), massa muscular (MM) e massa residual (MR) representada pela seguinte expressão:

$$MCT = MG + MO + MM + MR \quad (25)$$

A componente da massa gorda é calculada pelos métodos apresentados anteriormente.

❖ Massa óssea

Um grupo de pesquisadores liderados por ROCHE numa parceria entre o Brasil e os EUA¹⁷, criaram em 1970 uma equação a partir da fórmula de Von Döbelen para a determinação da massa óssea:

$$MO = 3,02(H^2 \cdot U \cdot F \cdot 400)^{0,712} \quad (26)$$

onde: MO = massa óssea; H = estatura (m); U = diâmetro biepicondiliano do úmero (m); F = diâmetro biepicondiliano do fémur(m).

Esta fórmula é citada em várias publicações científicas pela sua aplicabilidade e confiabilidade e será empregue no cálculo da massa óssea dos idosos abrangidos por este projecto.

❖ Massa residual

Segundo WURCLE, neste modelo tetracompartimentado, a massa residual representa, independentemente da idade, no homem 24,1% do seu peso total e na mulher 20,9% pelo que este autor propõe as seguintes equações:

$$MR_{Homens} = MCT \cdot 24,1\% \quad e \quad MR_{Mulheres} = MCT \cdot 20,1\% \quad (27)$$

❖ Massa muscular

A massa muscular em função do fraccionamento corporal é proposta por HATIEGKA:

$$MM = MCT - (MG + MO + MR) \quad (28)$$

Dada a facilidade de obtenção dos dados necessários, o baixo custo associado e a alargada confiabilidade e aplicabilidade destas equações, o modelo de fraccionamento

¹⁶ O estudo é referente à média europeia, infelizmente não foram encontrados dados referentes apenas a Portugal.

¹⁷ A composição corporal dos indivíduos de nacionalidade brasileira e dos indivíduos não americanos não apresenta grandes diferenças quando comparada aos indivíduos de nacionalidade portuguesa pelo que esta equação pode ser aplicada a indivíduos portugueses.

tertracompartimentado apresenta-se como o mais aplicável para o estudo desta componente morfológica nos idosos.

4.3.1.4 - Definição e cálculo de massa ideal – fórmula associada ao IMC

O conhecimento do peso que possibilita ao indivíduo obter o máximo rendimento em qualquer actividade, seja desportiva ou referente ao seu dia-a-dia, leia-se a sua massa ideal, é um dado importantíssimo quando se pretende minimizar o comprometimento da saúde associado ao excesso ou escassez de peso.

As consequências nefastas de um défice ou sobrecarga ponderal, têm conduzido a inúmeras tentativas de elaboração de tabelas de peso recomendáveis baseados na idade, altura e sexo.

Muitas companhias de seguro ainda implementam fórmulas deste tipo na elaboração de seguros de vida e saúde.

Neste âmbito surgiram diversas equações: Broca, Perrault, Lorentz, Monnerot-Dumaine, ou Butheaulter com a sua correcção para a idade e a fórmula da *Metropolitan Life Insurance Company*.

Em termos gerais estas fórmulas aplicam-se bem mas não trazem vantagens em relação à fórmula que aplica o IMC.

A equação de Broca, por exemplo, é a mais utilizada na gíria, é comum ouvir-se “Se medes 1,70 m então o teu peso ideal é de 70Kg”, o que analiticamente se traduz em: $MI = H - 100$.

Esta fórmula estipula que um individuo adulto do sexo masculino deve ter tantos quilos quanto o numero de centímetros de altura abaixo do metro.

Já a fórmula desenvolvida por Monnerot e Dumaine parte do principio que existe uma relação entre a circunferência do punho, a estatura e a massa ideal [43]:

$$MI = [H - 100 + 4. (CP)]/2 \quad (29)$$

Onde: MI = massa ideal; H =estatura (cm); CP =circunferência do punho(cm)

A fórmula de Broca, em particular, origina valores de peso ideal superiores às restantes, que apresentam valores semelhantes entre si. Actualmente não há lugar para o uso desta fórmula (BROCA).

De uma forma global, a critica a estas fórmulas assenta no facto de não haver um peso ideal em termos rígidos mas sim um intervalo de pesos aconselháveis que variam em função do somatotipo do individuo. O IMC permite esse intervalo e apresenta várias vantagens em relação às outras equações.

❖ IMC

Este método é, entre os vários existentes, o mais útil e generalizado. Este índice de massa corporal representa o quociente entre o peso em Kg e o quadrado da altura em metros:

$$IMC = \frac{Peso}{Altura^2} \quad (30)$$

A escolha por este método assenta nos seguintes afirmações [43]:

- Tem uma boa correlação com a mortalidade e morbilidade gerais e com a morbilidade e mortalidade relacionadas com diversas patologias;
- Não é um método tão rígido como as restantes equações permitindo a variação individual dentro de cada zona de risco;
- Correlaciona-se bem com a quantidade de massa gorda quer em indivíduos de peso normal quer em obesos.

Para se obter o intervalo de peso ideal, ou recomendado, utilizam-se os seguintes valores (válidos para os adultos):

IMC ideal para homens: de 20,1 a 25

IMC ideal para mulheres: de 19,6 a 24,4

Assim, sendo $IMC = \frac{Peso}{Altura^2} \Leftrightarrow Peso = IMC \cdot Altura^2$ o intervalo de peso ideal será:

$$[IMC_{inf} \cdot Altura^2; IMC_{sup} \cdot Altura^2]$$

Por exemplo, um homem adulto de 170 cm de altura tem como peso recomendado:

$[20,1 \times 1,7^2; 25 \times 1,7^2]$, ou seja, aproximadamente 58,1 a 72,25Kg.

4.3.1.5 – Metodologias de implementação

❖ Peso corporal

Material: Balança analógica ou digital

Para uma correcta medição do peso corporal, a balança deve estar previamente calibrada e o avaliado apresentar-se com a menor quantidade de roupa possível. O indivíduo deve permanecer de pé e a olhar em frente para um ponto fixo.

❖ Estatura

Material: Estadiómetro

A medida da estatura consiste na distância entre o vértex e a região plantar, estando a cabeça posicionada com o plano de Frankfurt paralelamente ao solo e o corpo na posição anatómica, ou seja, o indivíduo deve estar descalço e a tocar com os calcanhares, glúteos, dorso e nuca, na régua de sustentação do estadiómetro. No momento da leitura o corpo deve estar o mais alongado possível.

De realçar que as medidas de peso corporal e estatura são influenciadas pela hora do dia. A acção da gravidade e a alimentação podem afectar os resultados e, como tal, as condições e horários de medidas devem ser padronizados.

❖ Dobras cutâneas




Material: Adipómetro, recomenda-se o digital.

Para que a aplicação do método de dobras cutâneas seja eficiente, existem uma série de procedimentos a seguir com o objectivo de minimizar os erros de medida.

- Realizar todas as medidas do lado direito do corpo;
- Assinalar o local da medida com um arcador apropriado;
- Pinçar a dobra cutânea com a mão esquerda e com os dedos polegar e indicador a \pm 1cm acima do local assinalado com a marca;
- Introduzir as pinças do adipómetro perpendicularmente à dobra e aproximadamente 1 cm abaixo dos dedos que a seguram. Soltar lentamente as pinças;
- Fazer a leitura no compasso \pm 3 segundos após a pressão ter sido aplicada na dobra;
- Afastar as pinças para remover o adipómetro e fechá-lo lentamente. Registrar o resultado;
- Realizar pelo menos duas medidas não consecutivas¹⁸ de cada dobra e sempre pelo mesmo avaliador.
- Considerar o valor da dobra apenas se não houver uma discrepância de mais de 10% entre as medidas. Quando isso acontecer, calcular o valor médio e adoptá-lo como o valor da dobra cutânea em questão.

De salientar a extrema importância da exacta localização de cada ponto de medida da dobra cutânea pois uma identificação errada pode levar a erros elevados na estimação do percentual da gordura.

Na tabela seguinte descrevem-se detalhadamente as dobras cutâneas a medir, o seu sentido, o ponto de repouso e o procedimento para a utilização do adipómetro. Inclui-se ainda uma imagem para melhor percepção.

Dobra	Sentido da dobra	Referência anatómica	Procedimento	Imagem
<i>Bicipital</i>	Vertical (linha média)	Ponto meso-umeral	Efectuar a dobra na região anterior do braço	
<i>Tricipital</i>	Vertical (linha média)	Ponto meso-umeral	Efectuar a dobra na região posterior do braço	
<i>Subescapular</i>	Diagonal	Ângulo inferior da escápula	Efectuar a dobra no sentido diagonal, -45 graus de inclinação em relação ao plano horizontal natural. Pinçar exactamente abaixo do ângulo	

¹⁸ Fazer cada medida individualmente e, depois de colhidos todas as medidas, repetir o processo.

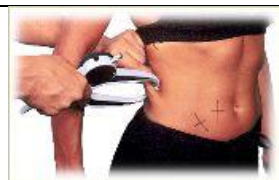
			inferior da escápula.	
<i>Suprailiaca</i>	Diagonal	Crista ilíaca	Efectuar a dobra logo acima da crista ilíaca num ponto coincidente com a linha axilar anterior	

Tabela 8 – Metodologia de implementação da técnica dobras cutâneas

❖ Método das circunferências corporais

Antes de iniciar a colecta das diferentes circunferências corporais o indivíduo deve ter em conta o seguinte:

- As medidas devem ser obtidas com o indivíduo transportando o mínimo de roupa possível;
- A fita métrica deve ser bastante flexível e a numeração e escalas bastante legíveis;
- É crucial que a fita seja colocada levemente na superfície da pele, sem a pressionar, e de forma esticada.
- Tal como para as dobras cutâneas, as medidas devem ser tiradas no mínimo duas vezes não consecutivas.
- O indivíduo deve permanecer de pé, a olhar em frente e imóvel não contraindo nem expandindo a caixa torácica propositadamente.

Material: fita métrica flexível

Circunferência do abdómen: A medida do abdómen deve ser feita com a fita sobre a cicatriz umbilical. No caso do avaliado apresentar um maior acumulo de gordura abaixo do umbigo, a medida devera ser feita imediatamente acima das espinhas ilíacas antero-superiores.

Circunferência da cintura: A medida deve ser feito sobre o ponto de menor perímetro

Circunferência do pescoço: O indivíduo deve permanecer de pé, excepcionalmente sentado no caso do avaliador ser bastante mais baixo que o avaliado, com a coluna direita e com a cabeça em linha vertical com o corpo. A fita deve ser aplicada na menor circunferência do pescoço logo acima da glote.

Circunferência do quadril: O indivíduo deve permanecer de pé com os pés unidos. A fita métrica deve passar na extensão posterior máxima dos glúteos tomada ao nível dos pontos trocântéricos direito e esquerdo e deve ser realizada paralelamente ao solo.

❖ Procedimentos para o cálculo da massa óssea

O instrumento utilizado na medição destes diâmetros é o paquímetro.

Diâmetro biepicondiliano do úmero: A medida é realizada com o avaliado em pé ou sentado, com as articulações do ombro e cotovelo em flexão de 90° no plano sagital. As hastes do paquímetro devem ser introduzidas obliquamente num ângulo de 45° em relação à articulação



Figura 12 - Diâmetro biepicondiliano do úmero

do cotovelo, tocando os bordos externos dos epicôndilos medial e lateral do úmero direito como mostra a figura.

Diâmetro biepicondrialiano do fémur: A medida é realizada com o avaliado sentado, com a articulação do joelho flexionada a 90° e os calcanhares sem tocar no solo. As hastes do paquímetro devem ser introduzidas 45° em relação à articulação do joelho tocando os bordos externos dos côneilos medial e lateral do fémur direito.



Figura 13 - Diâmetro biepicondrialiano do fémur

4.3.1.6 – Classificação dos indivíduos consoante a sua composição corporal

❖ IMC

A classificação dos indivíduos adultos em função do seu índice de massa corporal é apresentada na seguinte tabela:

IMC – Homens	IMC - Mulheres	Classificação
≤18,0	≤ 17,7	Magreza excessiva
18,1 a 20,0	17,7 a 19,5	Magreza
20,1 a 25,0	19,6 a 24,4	Peso óptimo
25,1 a 30,0	24,5 a 29,3	Sobrecarga ponderal
30,1 a 35,0	29,4 a 34,2	Obesidade ligeira ou de grau 1
35,1 a 40,0	34,3 a 39,1	Obesidade moderada ou de grau 2
>40,0	>39,1	Obesidade mórbida, grave ou de grau 3

Tabela 9 – Classificação geral dos indivíduos consoante o seu nível de IMC

Esta classificação segundo o IMC, varia para jovens, inferiores a 18 anos, e desportista de elevado nível. Como se tratam de dois grupos que fogem do âmbito deste projecto, a classificação segundo IMC para esses grupos não será aqui retratada.

❖ Percentagem de gordura

É necessário antes de mais esclarecer que excesso de peso e excesso de massa gorda não são sinónimos mas sim realidades e conceitos diferentes, daí a importância da análise da composição corporal.

A massa gorda aumenta com a idade e, no sexo feminino, torna-se maior após a puberdade. Assim, existem várias tabelas de valores de MG para os vários grupos etários de cada sexo. Considera-se como a tabela de referência para os adultos portugueses a seguinte, desenvolvida pelo centro de Investigação Médico-Desportivo Português.

Faixa etária	Sexo masculino			Sexo feminino		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
<21	9%	13%	17%	16%	20%	24%
21-30	10%	14%	18%	18%	22%	26%
31-40	11%	15%	19%	19%	23%	27%
41-50	12%	16%	20%	20%	24%	28%
51-60	14%	17%	20%	21%	25%	30%
>60	16%	19%	21%	22%	26%	31%

Tabela 10 – Intervalo de percentagens de massa gorda aceitável por faixa etária [48]

A percentagem de gordura ideal nunca deve ser inferior a cerca de 9% na mulher e 5% nos homens. Esta percentagem corresponde à gordura essencial ao desempenho de funções primordiais. À restante massa gorda dá-se o nome de gordura de reserva.

❖ Distribuição da massa gorda

Conhecer a distribuição da massa gorda é, como já foi referido, tão ou mais importante que quantificá-la.

Existem dois tipos de distribuição da massa gorda: andróide e ginóide.

★ Disposição de gordura do tipo andróide

Esta disposição é típica dos homens, a distribuição da gordura é predominantemente abdominal, central ou centrípeta. É um importante factor preditivo para complicações como hipertensão arterial, diabetes, insulino-resistência, acidentes vasculares cerebrais, doenças coronárias e em último caso, morte. Pode por isso ser catalogada como “distribuição maligna da gordura”. [48]

★ Distribuição de gordura do tipo ginóide

Esta disposição é típica das mulheres e, ao contrário da anterior, não tem perfil maligno. A gordura deposita-se preferencialmente nas nádegas, mamas, coxas e por vezes braços, seguindo um padrão centrífugo e não centrípeta como na distribuição andróide.

Estas diferenças na distribuição da gordura devem-se à diferente actividade das variantes de uma enzima, a Lipoproteinalipase (LPL), dado que umas são mais sensíveis às hormonas masculinas e outras às hormonas femininas. [48]

Pode avaliar-se a distribuição da gordura através: da medição do perímetro abdominal, do índice cintura-anca e do diâmetro sagital do abdómen ou com mais rigor mas não exequível para este projecto, através de uma tomografia axial computadorizada (TAC).

O índice cintura-anca foi o primeiro método a ser utilizado com o objectivo de avaliar a distribuição da gordura e representa o quociente dos perímetros da cintura e da anca.

$ICA = \frac{\text{Circunferencia da cintura}}{\text{Circunferencia da anca}} \quad (31)$

Um ICA inferior a 0,9 nos homens e 0,7 nas mulheres é considerado o aconselhável, o padrão andróide define-se quando este índice é superior a 1,0 nos homens e 0,8 nas mulheres. (os valores intermédios são considerados limites máximos). [48]

Apesar da boa correlação deste método com a distribuição abdominal de MG, o diâmetro ósseo da bacia constitui um factor não relacionado com a obesidade, o que leva ao erro do ICA.

Como tal, foi proposta a utilização de apenas o perímetro da cintura. Assim considera-se obesidade abdominal valores de perímetro abdominal superiores a 95cm para ambos os sexos.

Apesar de eliminar a variabilidade associada ao diâmetro ósseo da bacia, este método não leva em consideração a corpulência do sujeito avaliado.

O mais recente método proposto para avaliar a distribuição da MG é o diâmetro sagital do abdómen, no entanto este método obriga ao uso de um antropómetro, um instrumento dispendioso e nem sempre disponível.

O método adoptado para avaliação da distribuição da gordura corporal dos idosos será o ICA.

❖ **Massa óssea**

Devido à escassez de dados conceptuais sobre os valores normativos da massa óssea, não é possível estimarem-se estes valores para os idosos.

4.3.2 – Componente Muscular

No capítulo 3 apresentaram-se as razões da perda de força e musculatura com a idade, sendo esta perda uma das mais temidas pelos idosos, se não a maior.

O exercício físico ajuda a evitar a perda de massa muscular associada à idade podendo alias, se for esse o objectivo, contribuir para o seu aumento.

A avaliação desta componente permite estudar a capacidade do indivíduo em desenvolver tensões musculares e através delas opor-se ou vencer resistências, isto é, a possibilidade que o seu sistema muscular tem para produzir força bem como avaliar a capacidade que o músculo

tem em executar determinado movimento de forma mecanicamente correcta e contínua o maior tempo possível.

Esta última, define-se como resistência muscular e é fortemente influenciada pelas condições de recuperação e suporte de variações em determinado grupo muscular face á actividade física desempenhada.

No idoso, tão ou mais importante que a própria força está a possibilidade de se permitir a continuidade e aproveitamento sem que se instale a fadiga. Ou seja, é tão ou mais importante melhorar a sua resistência muscular do que a sua força.

Os objectivos ao realizara-se o teste de avaliação da condição muscular no idoso são:

- ★ Determinar o perfil da sua condição muscular;
- ★ Determinar a importância relativa da força, potência e resistências musculares para o seu bem-estar nas actividades diárias;
- ★ Seleccionar o tipo de programa de força a implementar.

Segundo o ACSM, [49] indivíduos que apresentem níveis adequados de força/resistência muscular são capazes de desenvolver as tarefas com menor esgotamento fisiológico, o que serve como factor preventivo em vários tipos de doenças neuromusculares e músculo-esqueléticas.

4.3.2.1 – Testes existentes e teste escolhido

Basicamente, existem quatro tipos de testes para avaliar a força e resistência. Cada um deles apresenta características distintas que devem ser analisadas para a escolha do método que mais se adequa aos objectivos da medida:

- Levantamento de pesos;
- Testes isométricos;
- Testes isocinéticos;
- Testes isotónicos.

I) Levantamento de pesos

Este método engloba dois testes: uma repetição máxima (1RM) e número máximo de repetições (NMR).

O teste de 1RM tem por objectivo encontrar a carga máxima com que o indivíduo consegue realizar apenas uma vez determinado exercício, ou seja, a resistência máxima que o indivíduo consegue vencer numa única contracção dinâmica, concêntrica e voluntária.

Apesar da sua fácil e rápida execução, este teste apresenta limitações ao seu uso em crianças, doentes cardiopatas e idosos.

Em 1995 pesquisadores da divisão de geriatria do Hospital Universitário de Philadelphia acompanharam a realização do teste em 83 idosos constatando que, desses, metade reclamaram de dor muscular tardia mas apenas dois relataram algum tipo de lesão.

Os pesquisadores concluíram que este tipo de teste era seguro para os idosos, no entanto no caso de idosos sem experiência de treino de força os cuidados a tomar na sua realização devem ser redobrados. É por isso importante estudar a existência ou não de treino de força no avaliado antes de o submeter ao exame.

O segundo teste inserido neste método consiste em contar o número máximo de repetições realizáveis com determinada carga pré-estabelecida. A grande vantagem deste segundo teste é a não utilização de condições de intensidade máxima sobre o organismo.

Enquanto o primeiro teste determina a intensidade correspondente a uma repetição e, como tal, a força máxima, este segundo permite testar a resistência muscular.

É importante neste ponto definir o propósito do teste da condição muscular do idoso: avaliar a força máxima ou a resistência da força? A resposta a esta pergunta encontra-se no início deste subcapítulo. Com a preocupação em melhorar a qualidade de vida e o bem-estar geral do idoso, o objectivo passa por melhorar a sua resistência muscular e não aumentar a sua força máxima (excepcionalmente, se for pedido pelo idoso e se este se encontrar em condições clínicas para tal, o objectivo pode ser alterado para o aumento de força, caso contrario o objectivo será sempre o de preservação e aumento da resistência muscular).

Os meios utilizados neste tipo de testes são: pesos livres, halteres ou máquinas de musculação.

Ao optar-se por pesos livres ou halteres, este método torna-se bastante transportável e de baixo custo. É fácil de executar e os resultados são obtidos de imediato.

II) Testes isométricos

Através deste teste regista-se a força produzida por uma contracção voluntária máxima do tipo estático. São utilizados para a sua execução, cabos tensiómetros e dinamómetros tradicionais. Para além do seu elevado custo, por estarem conectados a um computador estes instrumentos não são considerados fáceis de transportar.

III) Testes isocinéticos

A grande vantagem deste método é sua capacidade em avaliar o trabalho tanto em regime concêntrico como excêntrico. O termo isocinético designa velocidade constante, a força é realizada contra uma resistência variável que permite a realização do exercício à mesma velocidade para toda a amplitude do movimento.

Os meios tecnológicos utilizados são os dinamómetros isocinéticos, ligados a um computador. São equipamentos de elevado custo e pouco transportáveis o que os torna pouco exequíveis a larga escala.

IV) Testes isotónicos

O termo isotónico designa tensão constante. Este termo é muitas vezes aplicado, incorrectamente, aos testes de levantamento de pesos. Na verdade, a resistência a vencer nos testes com halteres é constante ($P = m \times g$), no entanto a tensão desenvolvida pelo músculo no decorrer do movimento não é a mesma em todas as fases da amplitude. É essa a grande diferença entre os testes de levantamento de pesos e os isotónicos.

Na realização dos testes isotónicos utilizam-se dinamómetros isotónicos, que tal como os anteriores, conferem ao teste pouca transportabilidade e elevado custo.

	Transportabilidade	Facilidade de execução	Conforto do idoso	Rapidez total	Custo
Levantamento de pesos	+	+	+	+	+
Isométricos	-	+	+	+	-
Isocinéticos	-	+	+	-	-
Isotónicos	-	+	+	-	-

Tabela 11 – Quadro comparativo dos diferentes tipos de testes de resistência muscular

Analizadas as variáveis e, tendo como base o facto de o método a escolher dever ser o mais simples possível para obter os objectivos da avaliação, a resistência muscular será avaliada pelo teste NMR (levantamento de pesos na sua variável número de repetições máximas). O teste por repetições máximas é o teste mais citado na bibliografia e com maior aplicabilidade no estudo da resistências muscular de indivíduos de ambos os sexos e várias faixas etárias.

4.3.2.1 – Metodologia de avaliação - Membros superiores

Instrumento necessários: barra de halter, pesos e cadeira

Procedimento:

1. Predeterminar uma carga de aquecimento com a qual o avaliado conseguirá realizar comodamente 16 a 20 repetições;
2. Repouso de 1 minuto;
3. Adicionar ao peso inicial mais 20% a 30%.
4. Realizar o número máximo de repetições sendo o limite máximo 15 movimentos.
5. No caso do avaliado executar mais de 15 movimentos adicionar-se mais 20% a 30% da carga ao aparelho.
 - Repouso de 3 minutos
 - Repetir o ponto 4
6. O teste termina quando o indivíduo executar movimentos máximos abaixo das 15 repetições.

Quanto menor for o número de repetições atingidas, e com menor número de tentativas, mais fiel será o resultado.

Aconselha-se o uso de uma barra de halter pois, com este instrumento o controlo do impulso paralelo é eliminado já que as mãos mantêm a sua posição ao nível da barra, no entanto é preciso efectuar um impulso simétrico dos dois peitorais e dos tricéptes para que a barra suba na horizontal. A verticalidade do impulso relativamente aos ombros deve também ser controlada.

Para que estes procedimentos se desenrolem o mais correctamente possível o avaliado deve permanecer de pé, com as mãos a segurar a barra (palmas voltadas para frente), e curvando-a até aos ombros. As costas devem manter-se numa recta vertical.

É aconselhável que seja o avaliador a colocar a barra com os respectivos pesos nas mãos do avaliado quando este se encontrar em posição de início do teste, deste modo evitam-se levantamentos incorrectos da barra.

4.3.3 – Flexibilidade

A flexibilidade apresenta-se como o segundo componente muscular a avaliar e pode ser definida como: “capacidade que permite a obtenção de amplitudes articulares fisiológicas, ao nível de uma ou mais articulações, no decurso da realização de acções motoras”. [43]

Esta componente é uma das mais importantes no que se prende com a saúde por ter implicações tanto na reabilitação terapêutica de casos diversos como lombalgias ou tensões neuromusculares, como na manutenção dos meios de condicionamento necessários à vida diária.

Segundo CORBIN&NOBLE (1980), indivíduos com melhores níveis de flexibilidade são menos susceptíveis a lesões e apresentam menor incidência de problemas osteomusculares e problemas de ordem postural.

Ao efectuar correctamente um programa regular de actividade física com o objectivo de melhorar a sua flexibilidade, o indivíduo irá sentir os efeitos positivos do mesmo na melhoria da eficiência do seu aparelho locomotor.

4.3.3.1 - Testes para avaliação da flexibilidade

Os teste que têm por objectivo avaliar esta componente, regem-se pelo pressuposto de que a flexibilidade é específica para cada articulação e movimento e de que a caracterização do nível de flexibilidade do indivíduo deve ser adequada às suas características morfo-funcionais e no âmbito das suas actividades de vida diárias.

No que respeita às unidades de mensuração dos resultados, podem descrever-se três categorias básicas:

- 1) Angulares: o resultado é expresso em ângulos;
- 2) Lineares: o resultado é expresso através de escalas de distância;
- 3) Adimensionais: não existe uma unidade convencional de medida.

As medidas angulares são consideradas como métodos directos enquanto as lineares e adimensionais como métodos indirectos.

De uma forma geral, quando comparados os métodos existentes verifica-se a baixa estandardização em diversos aspectos:

- Recurso a diferentes unidades de medida;
- Recursos a medidas absolutas e relativas;
- Níveis de aquecimentos requeridos;
- Posições iniciais adoptadas;
- Medições em amplitudes activas e passivas;
- Diferentes tipos de força externa aplicados nas medições passivas

O teste escolhido deve ser coerente e reproduzível.

Os métodos que utilizam medidas lineares, indirectos, apresentam-se como de fácil execução, são testes de exigência mínima e de utilização generalizada na avaliação da flexibilidade geral, no entanto apresentam problemas na interpretação e comparação dos resultados.

Os métodos directos utilizam medidas de deslocamento angular entre segmentos adjacentes (ângulo relativo) ou referências externas (ângulo absoluto).

Os resultados obtidos não são afectados significativamente pela dimensão dos segmentos corporais e, como tal, permitem uma interpretação mais fidedigna e uma maior comparabilidade quando comparado com o anterior.

A aplicação deste teste requer alguma pratica por parte do avaliador e os instrumentos utilizados são os goniómetros e flexómetros, entre outros.

Em 1980, Paul & Araújo, apresentaram um teste de mensuração adimensional, simples, rápido, de baixo custo e de grande aplicabilidade, que denominaram de flexiteste [43].

Este teste de avaliação da ampliação articular passiva máxima compreende vinte movimentos articulares sendo a avaliação obtida através da comparação entre a amplitude alcançada em cada um desses movimentos como desenhos escalados existentes nos mapas de avaliação. Desse vinte movimentos, nove correspondem aos membros superiores e visam avaliar as articulações do ombro, cotovelo e punho, três ao tronco, articulação do tronco e oito movimentos aos membros inferiores que visam avaliar as articulações do tornozelo, joelho e quadril.

Cada movimento é retratado numa escala que varia de 0 a 4 e onde só figuram números inteiros, amplitudes de movimentos intermediários entre duas graduações são sempre caracterizados pelo valor mais baixo.

Comparando os três métodos para avaliação da flexibilidade, todos se apresentam com elevada aplicabilidade, fiabilidade de resultados e metodologia de execução segura.

No entanto a ausência de instrumentos tecnológicos, a rapidez de execução e a sua adimensionalidade fazem do flexiteste o mais apropriado no contexto deste projecto.

4.3.3.2 – Metodologia de implementação

Instrumentos a utilizar: *folha de esquemas do flexiteste*.

A *folha de esquemas* engloba os vinte movimentos a executar e, dada a sua dimensão, é apresentada no anexo 3.

1. O teste é realizado sem aquecimento prévio;
2. Quando unilaterais, os movimentos devem ser executados do lado direito do corpo.
3. Os movimentos devem ser conduzidos lentamente a partir da posição inicial (apresentada como zero nos esquemas) e indo ate ao ponto onde haja dor ou grande restrição mecânica ao movimento;
4. A escala é legendada da seguinte maneira:
0 = Muito pequena;
1=Pequena;
2=Média;

3=Grande;
4=Muito grande;

Para facilitar a execução do teste bem como aumentar a sua rapidez, a sequência de exercícios deve ser a seguinte:

I – II - V – III - VI - X – XI - XVII – XVIII - XIX – XX – VIII – IX – VII – XVI - XII – XIII – XIV – XV - IV

Como há distribuição normal e similar dos dados em todos os movimentos, faz sentido adicionar todos os valores e obter um índice de 0 a 80 que representa a flexibilidade global denominado e que se denomina: *Índice Geral de Flexibilidade*.

4.3.3.3 – Valores normativos

A avaliação geral e comumente utilizada do flexiteste obedece à seguinte descrição [43]:

Índice	Classificação
< 20	<i>Muito Fraco</i>
20 a 30	<i>Fraco</i>
31 a 40	<i>Médio Menos</i>
41 a 50	<i>Médio Mais</i>
51 a 60	<i>Bom</i>
> 60	<i>Excelente</i>

Tabela 12 – Classificação da flexibilidade consoante o índice apresentado

No entanto, estes padrões de classificação do índice geral de flexibilidade assentam numa caracterização em crianças, atletas e jovens saudáveis, não levando em consideração as alterações inerentes aos processos de envelhecimento.

Dado o contexto desta dissertação, torna-se crucial descrever o comportamento deste índice para um segmento etário mais elevado como o dos idosos.

Dois médicos especialistas em medicina desportiva da Clínica de Medicina de Exercício do Rio de Janeiro, Brasil, aplicaram o Flexiteste, utilizando a metodologia padrão apresentada, a uma amostra de 251 indivíduos de ambos os sexos entre os 36 e os 82 anos de idade. Os valores obtidos são apresentados na tabela seguinte:

	36-45 anos		46 a 55 anos		56 a 65 anos		66 a 82 anos	
	<i>Masc.</i>	<i>Fem.</i>	<i>Masc.</i>	<i>Fem.</i>	<i>Masc.</i>	<i>Fem.</i>	<i>Masc.</i>	<i>Fem.</i>
Amostra	51	29	45	27	38	23	27	11
P10	29	39	27	32	23	30	17	20
P25	34	43	31	37	28	34	23	31
P50	41	49	36	45	37	44	27	32
P75	43	52	41	47	41	47	32	39
P90	49	56	45	48	46	51	36	43

Tabela 13 – Resultados obtidos para o índice geral de flexibilidade no grupo de teste

Os resultados obtidos neste estudo indicam que, para a mesma faixa etária, a flexibilidade é sempre maior na mulher do que no homem e que com a idade existe um evidente decréscimo do índice de flexibilidade.

Perante estes resultados propõe-se a seguinte classificação do índice de Flexibilidade para os seniores do Seixal:

Índice Geral de Flexibilidade		Classificação
Feminino	Masculino	
20-30	15 - 23	Abaixo da média
31-32	24 - 31	Média
33-38	32 - 40	Acima da média
39-42	41 - 42	Bom
> 43	>42	Excelente

Tabela 14 – Classificação da flexibilidade consoante o índice geral de flexibilidade dos seniores do Seixal

4.3.4 – Avaliação Cardiorrespiratória

A aptidão cardiorrespiratória é a componente que deve receber maior atenção quando se trata da avaliação da condição física relacionada à saúde.

Esta aptidão é entendida como a capacidade para se realizar trabalho e depende da eficiência dos sistemas respiratórios e cardiovascular, de componentes sanguíneos adequados e de componentes celulares específicos que ajudam o corpo a utilizar oxigénio durante o exercício e que foram apresentados no capítulo 2.

Vários autores apresentam melhorias associadas a uma boa aptidão cardiorrespiratória.

Guedes(1995) e Monteiro(2001), por exemplo, relatam que indivíduos que exibem níveis mais elevados desta aptidão tendem a apresentar maior eficiência na execução de tarefas diárias e a recuperar-se mais rapidamente após esforços intensos. Uma adequada aptidão cardiorrespiratória está associada a uma menor ocorrência de distúrbios orgânicos.

Vários autores chegaram a um consenso e atribuíram ao VO2max a função de medida que melhor traduz a aptidão cardiorrespiratória.

Desde esse consenso que a determinação do consumo máximo de oxigénio tem sido utilizada como meio de caracterização da aptidão cardiorrespiratória do indivíduo sendo simultaneamente considerado como um indicador fisiológico fiel para a caracterização da sua condição física.

A determinação do VO2 pode se feita através de procedimentos ergométricos ou de terreno.

Os testes de terreno apresentam como principal vantagem o facto de permitirem avaliar grandes amostras num tempo relativamente reduzido, poderem ser aplicados por indivíduos sem grande diferenciação técnica e o acesso aos resultados ser rápido. No entanto tudo isto é vantajoso quando os critérios de rigor e standardização das condições envolventes não forem um factor determinante. Quando o rigor é necessário, os testes ergométricos apresentam-se como mais rigorosos, comparáveis e reproduzíveis, no entanto obrigam a uma perfeita standardização e exigem a participação de técnicos especializados. Foquemo-nos nos segundos.

Segundo consta do portal médicos de Portugal, ergometria tem como definição: “Método de exame que tem por objectivo a medida do trabalho fornecido pelo organismo e da relação entre o trabalho e o tempo, ou seja, a potência. Está na base de explorações funcionais muito úteis que encontram aplicações múltiplas tanto em medicina interna como em medicina do trabalho, em medicina desportiva ou em medicina dos seguros.”

Na verdade, indo à raiz da palavra, ergometria, que vem do grego, surge da junção de *ergon* + *metron*, ou seja trabalho + medida.

Coloca-se então a questão: de entre todos os ergómetros disponíveis, qual melhor se adequa ao âmbito pretendido?

Existem vários tipos de ergómetros que podem ser grosseiramente classificados em ergómetros de uso corrente e ergómetros específicos. Os ergómetros específicos são bastante dispendiosos e exigem técnicas bastante precisas, sendo utilizados em atletas de alto nível cujo rigor das medidas é a prioridade, pelo que fogem do âmbito do presente trabalho. Consideram-se apenas os ergómetros de uso corrente: tapete rolante, cicloergómetro, degraus e manivela.

Segue-se uma apreciação a estes ergómetros com intuito de perceber qual o que melhor se adequa ao projecto em desenvolvimento, tendo em conta que:

- 1- Os valores máximos de FC e VO₂ são distintos em todos os ergómetros.
- 2- Os valores de FC_{max} obtidos teoricamente são diferentes daqueles obtidos na realidade.
- 3- Os limiares ventilatórios ocorrem a percentagens diferentes dos valores máximos de FC e VO₂ obtidos em cada ergómetro.

Segundo Magalhães e Soares em todos os ergómetros devem persistir as seguintes características essenciais:

- Devem integrar um dispositivo analógico ou digital para controlo da velocidade, rotação, resistência e, no caso do tapete rolante, a percentagem de inclinação e/ou declinação, os mesmos devem poder ser facilmente ajustáveis durante o teste.
- Devem permitir que o indivíduo consiga executar um esforço máximo sem atingir os limites do aparelho.
- O mecanismo de controlo deve oferecer uma margem de erro inferior a 1%.
- A estrutura física do aparelho (entenda-se tamanho e ergonomia) devem ser ajustáveis as características físicas dos praticantes.
- As características de segurança que envolvem os equipamentos devem oferecer confiança ao praticante e ao avaliador.
- O mecanismo de calibração deve ser de fácil utilização.

Adjacentes a estas características existem outras, específicas a cada ergómetro.

Tapete rolante:

O tapete rolante é o ergómetro mais utilizado. Segundo um extenso inquérito a 14.000 laboratórios, Nobel (1986) [50] concluiu que 72% usavam tapete rolante, 17% cicloergómetro e 11% degraus.

O tapete utiliza como estímulo funcional a caminhada, marcha e/ou corrida, actividades base da grande maioria das acções motoras diárias. Inicialmente apenas os membros inferiores são utilizados, no entanto, à medida que a intensidade do exercício aumenta vão sendo solicitados, de forma gradual e progressiva, os membros superiores.

Adicionalmente às apresentadas em cima, o tapete rolante deve obedecer as seguintes características:

- Deve estar colocado no solo e possuir uma plataforma que ofereça uma área extensa para a marcha ou corrida.
- Deve possuir barras laterais ou frontais de protecção sem que, no entanto, restrinjam qualquer movimento.
- O sistema de travagem deve ser variável podendo ser realizado de forma brusca em situação de rápida necessidade ou gradual no fim do decurso normal de um teste.
- O sistema de inclinação do tapete pode ser mecânico ou hidráulico e variar entre 0 e 25% de inclinação.
- O controlo da velocidade deve ser mecânico ou eléctrico e atingir cerca de 40km/h.

Vantagens do tapete rolante:

- É um aparelho no qual a biomecânica do movimento é muito semelhante as situações do dia-a-dia.
- Permite a obtenção de consumos de O₂ mais elevados.
- Solicita um esforço de carácter geral onde o risco de fadiga local é minimizado.

Desvantagens:

- É o ergómetro mais susceptível de provocar lesões no avaliado.
- A habilidade motora requerida no teste é significativamente influenciada pelo treino, o que pode comprometer a comparabilidade dos resultados para indivíduos inconvenientemente adaptados a este instrumento.
- Apresenta bastantes entraves no acesso a parâmetros fisiológicos em regime de monitorização contínua.

Cicloergómetro

No cicloergómetro o exercício é realizado numa posição sentada ou reclinada e o testado não tem de movimentar a sua massa corporal.

Existem vários modelos deste ergómetro que podem, de uma forma resumida, ser classificados quanto a sua ergometria ou forma de resistência. Assim, ergonomicamente o cicloergómetro pode oferecer uma posição sentada, na presença de um selim, ou reclinada, na

presença de um banco. Quanto à resistência, esta pode ser conseguida mecanicamente (através de cintas ou correias e da respectiva intensidade de fricção que irá causar a maior ou menor resistência), utilizando a resistência do ar ou da água (a primeira em desuso, a segunda em expansão) ou ainda electromagneticamente (através da regulação da aproximação entre dois ímans). Esta última forma parece ser a mais fiável e utilizada.

Vantagens do cicloergómetro:

- A posição de exercitação confortável e segura.
- Permite uma fácil recolha de dados, dada a reduzida mobilização do tronco e membros superiores.
- É de fácil execução
- Alguns modelos satisfazem as exigências mínimas e são facilmente transportáveis para o terreno.

Desvantagens

- A relativa facilidade com que a fadiga muscular se instala nos membros inferiores
- O tipo de prestação motora exigida neste ergómetro não é acessível a todas as faixas da população.

Teste de degraus (“step-test”)

Este teste foi inicialmente utilizado na avaliação de populações saudáveis e em avaliações clínicas.

A altura e o número de degraus utilizados neste teste diferem consideravelmente consoante os autores. A correcta escolha da altura dos degraus depende do sujeito a avaliar e da carga que se pretende impor. A carga calcula-se com base no peso do indivíduo, na altura dos degraus, no número de subidas e descidas e no seu ritmo de realização. Existem tabelas criadas para este efeito.

Vantagens do teste de degraus:

- Baixo custo do material;
- Cálculo simples do trabalho mecânico;
- Facilmente transportável para o terreno;
- Requer uma habilidade motora facilmente realizável pela generalidade da população;

Desvantagens:

- Não permite um fácil acesso à determinação de parâmetros fisiológicos e bioquímicos no decurso da prova dado o tipo de movimento realizado pelo testado.

- A aferição da carga é pouco sensível uma vez que depende em grande parte da uniformidade das passadas e do ritmo de subidas e descidas dos degraus pelo indivíduo testado.
- É apenas aplicável em protocolos sub-máximos.

Manivela:

Existem dois tipos de manivelas, a dupla e a simples. As características técnicas são as descritas anteriormente para o cicloergómetro mas neste caso adaptado aos membros superiores. Em Portugal, a utilização deste ergómetro ainda não está suficientemente divulgada.

Vantagens da manivela:

- Particularmente importante para a avaliação ergométrica de populações especiais, isto é, nas quais a utilização dos membros inferiores não é possível.

Desvantagens

- O consumo de oxigénio obtido é significativamente inferior, cerca de 20%, quando comparado com o valor obtido no cicloergómetro tradicional.

Tabela comparativa entre os quatro ergómetros

Critérios	Tapete rolante	Teste de degraus	Manivela	Cicloergómetro
Obtenção de VO ₂ elevado	4	3	1	2
Monitorização	3	1	2	4
Fadiga muscular local	4	1	1	2
Adaptação ao ergómetro	4	3	1	3
Custo equipamento	4	2	2	3
Manutenção	4	1	3	2
Segurança	2	2	4	3

Tabela 15 - *Tabela de comparação entre os vários ergómetros apresentados*

Atendendo à tabela anterior e considerando a finalidade e a faixa etária das pessoas avaliadas no projecto, o cicloergómetro apresenta-se como a melhor opção. Os dois pontos que o colocam em desvantagem ao tapete rolante são a fadiga muscular local e a obtenção de valores de VO₂ mais elevados, no entanto a fadiga muscular só se pronuncia passado algum tempo de exercício e os testes efectuados no cicloergómetro são de duração reduzida (cerca de 6-8 minutos), quanto aos valores de valores de VO₂, quando comparado com o tapete rolante, o cicloergómetro pode apresentar valores até 10%, inferiores, no entanto esta diferença apenas é relevante se forem utilizados diferentes ergómetros na avaliação periódica do mesmo indivíduo, quando isso não acontece esta percentagem não se torna significativa.

4.3.4.1 - Protocolos para avaliação cardiorrespiratória através do cicloergómetro

Existem vários protocolos, máximo e sub-máximos, possuindo todos eles um largo espectro de aplicações. Independentemente da metodologia, todos eles incluem um período de aquecimento de carga fraca, 2 minutos a (25-50 watt), seguido de uma fase de intensidade constante ou progressiva, consoante os objectivos do teste.

De entre os vários protocolos destaca-se o de *Astrand e Ryming* para testes sub-máximos [49].

Em 1954 estes autores estabeleceram as bases fisiológicas para o método ao correlacionarem o consumo de O₂ com a frequência cardíaca a níveis sub-máximos de exercício.

Este protocolo foi desenvolvido a partir de estudo realizado em alunos de Educação Física e tem sido utilizado universalmente com um erro médio de 10 a 15%.

A técnica proposta por Astrand preconiza que o steady state alcançado deva ocorrer entre o quinto e sexto minutos da carga, no entanto, vários autores propõem uma modificação desta técnica, isto é, no tocante à obtenção do steady state não necessariamente no quinto e sexto minutos da carga, podendo ocorrer a partir da comparação entre o primeiro e segundo ou terceiro minuto.

Na aplicação deste protocolo assume-se que:

- 1 - O *steady-state* da frequência cardíaca é determinado para cada potência;
- 2 - A frequência cardíaca máxima é igual para todos os indivíduos da mesma idade;
- 3 - A eficiência mecânica é igual para todos os indivíduos;
- 4 - Assume-se uma relação linear entre FC e Workload
- 5 - A frequência cardíaca depende da condição física do indivíduo para uma potência pré-determinada.

O VO_{2máx} em litros por minuto é determinado a partir da FC estabelecida para a carga seleccionada que deve ser aplicada no mínimo durante seis minutos. A determinação da FC é feita no final do quinto e sexto minutos, estando o testado em condições de equilíbrio entre o trabalho produzido e o oxigénio consumido (*steady-state*).

Para mulheres, a carga inicialmente seleccionada oscila entre 300 e 600 kgm/min (75 e 100 watts) e, para homens, entre 600 e 900 kgm/min (100 e 150 watts). No entanto os factores idade e nível de treino devem ser igualmente considerados.

Como mostra a figura seguinte, para uma mesma carga (workload) indivíduos não treinados apresentam uma frequência cardíaca (HR) mais elevada que indivíduos treinados e como tal a sua frequência cardíaca no *steady-state* será inferior [49].

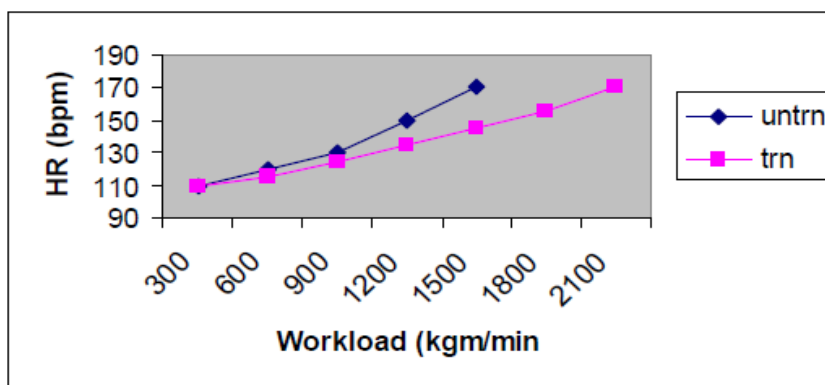


Gráfico 5 – Curvas de comparação da frequência cardíaca em função do workload para indivíduos treinados (a rosa) e não treinados (a azul).

Uma vez obtida a FC do estado estacionário, o $VO_2 \text{ máx}$ pode ser obtido através de monogramas ou, segundo LEITE (1984), através das seguintes equações [69]:

$$\text{Para os homens: } VO_2 \text{ máx} = (195 - 61)/(FC - 61) \times VO_2 \text{ carga} \quad (32)$$

$$\text{Para as mulheres: } VO_2 \text{ máx} = (198 - 72)/(FC - 72) \times VO_2 \text{ carga} \quad (33)$$

Onde: FC é o valor médio da FC em steady state e $VO_2 \text{ carga}$ o consumo de oxigénio necessário para pedalar uma dada carga, obtido pela seguinte equação:

$$VO_2 \text{ carga} (l/min) = 0,014 \times \text{carga}(W) + 0,129 \quad (34)$$

Uma vez que, como mostra o gráfico 6, a frequência cardíaca máxima diminui acentuadamente com a idade, ao $VO_{2\text{máx}}$ obtido deve aplicado o seguinte factor de correcção:

$$\text{Factor} = -0,009 \times \text{idade(anos)} + 1,212 \quad (35)$$

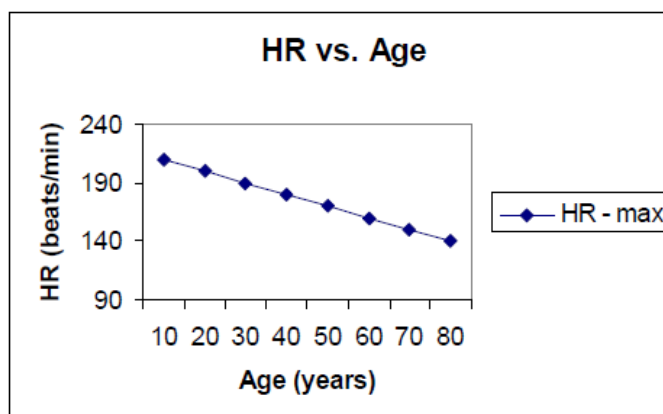


Gráfico 6 – Variação da frequência cardíaca máxima com a idade do indivíduo

4.3.5 - Metodologia de implementação

Instrumentos a utilizar: cicloergómetro, cronómetro.

O cicloergómetro a utilizar deverá ser o *Monark Ergomedic 874E* uma vez que o programa criado para monitorização, apresentado no capítulo seguinte, utiliza as características deste ergómetro para o cálculo do consumo máximo de oxigénio.

Metodologia [51]:

1. Ajustar a posição do cicloergómetro;
2. Uma vez sentado, medir a FC em repouso do indivíduo;
3. Começar a pedalar a 50 rpm durante 2 ou 3 minutos;
- 4 – Determinar o workload;
- 5 – Executar o teste durante 6 minutos;
- 6 – Antes do fim do 2º minuto medir a FC:
 - a. O intervalo desejável para a FC é entre os 125-170 bpm.
 - b. Se a FC for inferior a 125 bpm, então aumentar a resistência em 1Kp para os homens e ½ Kp para as mulheres.
 - c. Se a FC for superior a 170bpm então diminuir a resistência e 1Kp
 - d. Continuar a medir a FC até esta superar os 125bpm.
- 7 – No final do 5º e 6º minuto medir a FC e determinar o valor médio. O estado estacionário só é atingido se esta diferença for inferior a ± 6 bpm. Se isso não acontecer, então prolongar o teste por um minuto.
- 8 - Reduzir a resistência para 0,5Kp e continuar a pedalar até que a FC seja inferior a 100 bpm.

4.3.6 - Valores normativos

A *American Heart Association* classifica o nível de aptidão física segundo as seguintes tabelas:

Nível de aptidão física do American Heart Association para mulheres VO_{2max} ml/kg ⁻¹ min ⁻¹					
Faixa etária	Muito fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente
20-29	< 24	24-30	31-37	38-48	> 49
30-39	< 20	20-27	28-33	34-44	> 45
40-49	< 17	17-23	24-30	31-41	> 42
50-59	< 15	15-20	21-27	28-37	> 38
60-69	< 13	13-17	18-23	24-34	> 35

Nível de aptidão física do American Heart Association para homens VO_{2max} ml/kg ⁻¹ min ⁻¹					
Faixa etária	Muito fraca	Fraca	Regular	Boa	Excelente
20-29	< 25	25-33	34-42	43-52	> 53
30-39	< 23	23-30	31-38	39-48	> 49
40-49	< 20	20-26	27-35	36-44	> 45
50-59	< 18	18-24	25-33	34-42	> 43
60-69	< 16	16-22	31-40	> 41	

Tabela 16 – Classificação da aptidão física para várias faixas etárias, consoante o valor de VO_{2max} para mulheres (tabela esquerda) e para homens (tabela direita).[49]

Apesar da sua ampla utilização, a faixa etária máxima considerada nestas tabelas é de 69 anos o que exclui grande parte dos idosos alvo deste projecto. Assim introduz-se o conceito de Déficit Aeróbio Funcional DAF ou FAI.

Conceito de Déficit Aeróbio Funcional DAF ou FAI

Conhecida a capacidade aeróbia de um indivíduo, é possível ter a noção se ela é apropriada ou inferior ao esperado para a idade. Bruce chamou-lhe Défice Aeróbio Funcional (DAF) calculado pela fórmula abaixo indicada [71]:

$$DAF = \frac{\dot{V}O_{2\max} \text{ predito} - \dot{V}O_{2\max} \text{ real}}{\dot{V}O_{2\max} \text{ real}} \quad (36)$$

Para calcular o $\dot{V}O_2$ que será de esperar numa determinada idade existem diversas metodologias, uma delas é o recurso às seguintes equações propostas por Bruce:

Para homens sedentários: $\dot{V}O_{2\max} = 57,8 - (0,445 \times Idade) \text{ ml/Kg/min} \quad (37)$

Para homens activos: $\dot{V}O_{2\max} = 69,7 - (0,612 \times Idade) \text{ ml/Kg/min} \quad (38)$

Para mulheres sedentárias: $\dot{V}O_{2\max} = 42,3 - (0,356 \times Idade) \text{ ml/Kg/min} \quad (39)$

Para mulheres activas: $\dot{V}O_{2\max} = 42,9 - (0,312 \times Idade) \text{ ml/Kg/min} \quad (40)$

Bruce considera o DAF como: ligeiro de 27%-40%, moderado de 41%-54%, grave de 55%-68% e extremo para percentagens acima dos 68%.

Assim, para avaliar o nível de aptidão cardiorrespiratória do indivíduo procede-se ao cálculo do $VO_{2\max}$ através do teste no cicloergómetro, determina-se o $VO_{2\max}$ predito através das equações anteriores e obtém-se o DAF.

Capítulo 5 – Interface de Monitorização da condição física

Como método de avaliação física e monitorização da mesma foi criado um executável através da ferramenta GUIDE do software MATLAB (*MATrix LABoratory*) denominado de MoniSeixal.

O MATLAB foi criado no final dos anos 1970 por Cleve Moler, na altura presidente do departamento de ciências da computação da Universidade do Novo México. Esta ferramenta rapidamente se espalhou encontrando grande aplicabilidade junto da comunidade de matemática aplicada. Treze anos depois, um engenheiro de nome Jack Little conheceu esta linguagem e juntamente com Cleve Moler e Steve Bangert fundaram a MathWorks prosseguindo com o desenvolvimento deste software. [52]

O MATLAB foi adoptado pela primeira vez por engenheiros de projecto e controle mas rapidamente se espalhou em outros campos de aplicação sendo neste momento utilizado nas mais diversas áreas que vão desde a educação (ensino da álgebra linear e análise numérica) ao processamento de imagem.

Como vantagens deste software destaca-se:

- A facilidade de utilização: a linguagem é interpretada sendo fácil a escrita e testagem dos programas.
- Não depende da plataforma que esta a ser utilizada: o código desenvolvido tanto corre no Windows como no Linux ou Macintosh.
- O código pode ser compilado
 - Existe um grande número de toolboxes desenvolvidas pela Mathworks em diversas especialidades: engenharia, economia, bioinformática, finanças, etc
- É Utilizado por uma vasta comunidade: existem aproximadamente 20.900.000 entradas no google.com
- Permite complexos cálculos matemáticos / manipulação numérica de matrizes e geração de gráficos.
- Permite a criação de interfaces através da ferramenta *User Interfaces* (GUI)

Como desvantagens aponta-se o facto de a linguagem ser *interpretada* e, como tal, a execução é mais lenta que as linguagens compiladas. No entanto a geração de um executável permite essa compilação e como tal a redução do tempo de resposta. Também o elevado preço da licença deste software pode tornar o MATLAB pouco acessível. O facto de a faculdade obter várias licenças tornou desnecessária esta compra.

Com o objectivo de ampliar os conhecimentos nesta ferramenta, bem como acentuar os já adquiridos, frequentei o curso “Método dos elementos finitos em Matlab” leccionado pelo Prof. Dr António J. M. Ferreira. (certificado no anexo 4).

A construção do programa levou em consideração a simplicidade e rapidez de aquisição, tratamento e interpretação dos dados, a economia na impressão dos relatórios do programa, a simplicidade e boa interpretação através do grafismo e a fácil compreensão visual da evolução do indivíduo.

Seguem-se as várias interfaces do programa juntamente com a sua interpretação.

5.1 – Interface Principal - MoniSeixal

Figura 14 – Interface principal do programa MoniSeixal

A interface principal do programa pode ser subdividida em 4 partes principais:

A ficha de registo, os testes de avaliação da condição física (onde se inclui o inquérito), os gráficos que retratam a evolução do indivíduo e o cabeçalho e rodapé.

5.1.1 – Cabeçalho e Rodapé

No cabeçalho do programa o utilizador encontra duas opções: “Abrir existente” e “Criar novo”

Figura 15 – Opções da selecção “Abrir existente”

Figura 16 – Opção “Procurar por número de registo”

Ao seleccionar “Abrir existente” o utilizador poderá fazer uma busca pelo número de registo, pelo nome ou ainda pelo número de telefone do indivíduo. Neste caso, na interface principal irão aparecer os dados do utilizador já inseridos na “Ficha de registo”. A opção “Criar novo” devolverá a interface em branco como apresentado na figura 15.

Do cabeçalho fazem ainda parte os espaços de preenchimento da data actual, do número de registo e do número de avaliações.

No rodapé constam os botões das várias acções finais do programa:

- 1- Imprimir avaliação: Permite a impressão de um relatório resumido da avaliação actual (à data) do indivíduo. Inclui o resultado de todos os testes e uma apreciação global à condição física geral do indivíduo.
- 2- Ver avaliações anteriores: Ao seleccionar este botão será pedido ao utilizador que especifique a avaliação que pretende visualizar. Uma vez escolhida, o resumo da avaliação aparecerá como um ficheiro pdf.
- 3- Excluir avaliação: Através deste botão o utilizador escolherá, através de uma janela de opções, a avaliação que pretende excluir (com excepção da primeira).
- 4- Obter evolução detalhada: Este é o botão que permite ao utilizador visualizar a evolução do indivíduo no que se refere a cada teste. São apresentados os valores obtidos bem como os gráficos para todas as avaliações ou apenas para as especificadas (a escolha é feita a partir de uma janela de selecção).
- 5- Limpar todos os dados: Todos os dados referentes ao indivíduo são apagados, a avaliação a decorrer será tomada como a primeira avaliação.
- 6- Guardar: Guarda todos os dados inseridos no programa até ao momento de selecção do botão.
- 7- Sair: Pergunta se pretende gravar e fecha o programa.

5.1.2 – Ficha de Registo

A seguir ao cabeçalho deve ser preenchida a ficha de registo.

Nesta constam os dados que permitem identificar e contactar o indivíduo bem como as observações que possam ser relevantes aquando da sua avaliação física.

De realçar que a opção “Inserir foto” permite ao utilizador inserir uma foto existente no computador ou capturá-la através de uma webcam ligada ao mesmo.

Ao seleccionar “Imprimir registo”, o programa imprime a ficha de registo do indivíduo como apresentado no anexo 5.

5.1.3 – Avaliação física

Desta divisão fazem parte os botões associados a cada um dos testes a executar. A selecção de cada um deve ser feita pela ordem apresentada (de cima para baixo).

O botão “Prescrição do exercício” não será assinalado uma vez que neste momento não devolve qualquer acção. A sua resposta será programada pelos diversos professores de educação física participantes do projecto que, consoante os resultados obtidos na avaliação, indicarão o melhor plano a seguir.

5.1.3.1 - Resultados do inquérito

Figura 17 – Interface “Resultado do inquérito”

Ao seleccionar o botão “Resultado dos inquéritos”, uma nova janela irá aparecer como a mostrada na figura anterior.

Ao utilizador basta seleccionar e preencher as opções escolhidas pelo avaliado.

5.1.3.2 - Medição da pressão arterial

Figura 18 – Interface “Medição da pressão arterial”

Antes de iniciar os testes de avaliação da condição física, o avaliado deve submeter-se à medição da sua tensão arterial de modo a controlar possíveis picos de tensão arterial e a evitar a prática dos testes em hiper ou hipotensão. Esta opção auxilia ainda no controle e estudo da evolução da tensão arterial do avaliado.

Ao seleccionar “Avaliação” surgirá no quadro à direita uma apreciação aos valores obtidos.

No quadro laranja aparecerá a avaliação geral à tensão arterial apresentada: “Sem necessidade de cuidado extra”; “Impossibilitado de prosseguir os testes neste momento” ou “Pode iniciar o teste mas com um controle apertado da tensão arterial” são os resultados que podem surgir.

5.1.3.3 - Análises Bioquímicas

Esta interface permite a introdução dos dados obtidos nas análises bioquímicas efectuadas através da parceria da CMS com a Cruz Vermelha.

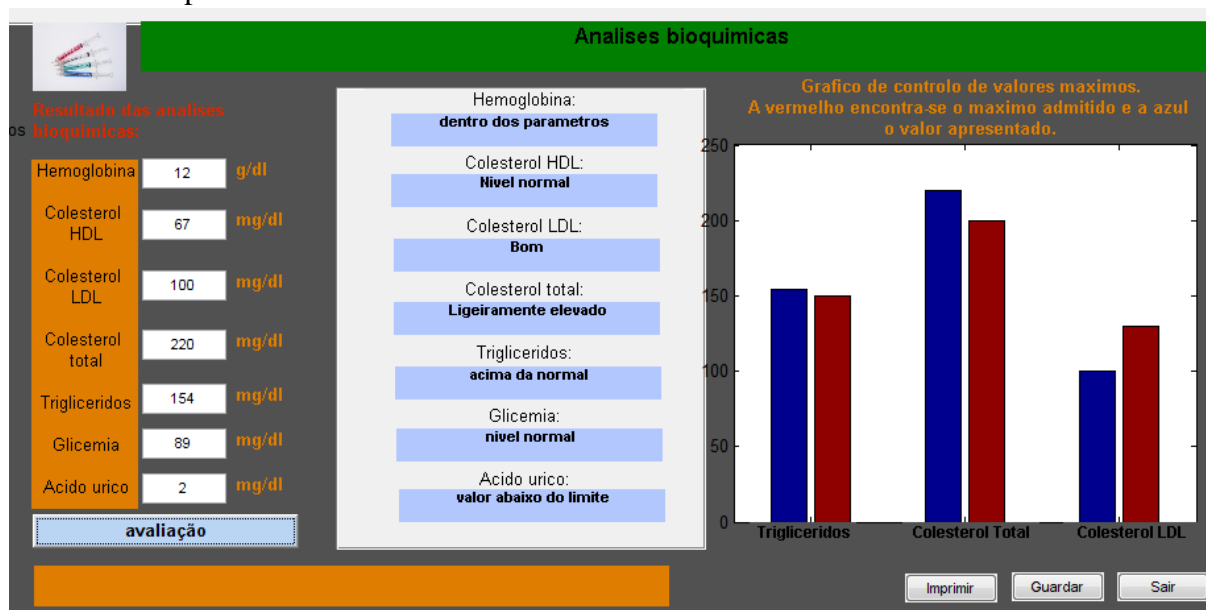


Figura 19 – Interface “Análises Bioquímicas”

Ao seleccionar a opção “Avaliação”, o programa responderá com uma apreciação aos valores introduzidos bem como com a criação de um gráfico onde figuram as três análises mais relevantes e que mais alterações sofrem com a prática de exercício físico: triglicéridos, colesterol total e colesterol LDL. A azul surgem os valores obtidos nas análises e a vermelho os limites máximos admitidos. Este gráfico permite uma rápida interpretação desta diferença.

5.1.3.4 - Composição Corporal

A interface que diz respeito à avaliação da composição corporal é a mais complexa e engloba diversas tabelas que o utilizador deve preencher.

Ao seleccionar o botão “Começar” são dadas as instruções para a sua utilização.

O quadro a cinzento deve ser o primeiro a ser preenchido uma vez que é através do resultado do IMC, juntamente com o sexo do avaliado, que dita quais as tabelas a preencher.

Assim, depois de calculado o índice de massa corporal, ao seleccionar “Instruções” três resultados podem surgir:

- Se o IMC for superior a 35, independentemente do sexo do indivíduo, as instruções serão para preencher as tabelas 1 e 4.

- Se o IMC for inferior a esse valor e se o indivíduo for do sexo masculino, as tabelas a preencher serão as 2, a 4 e a 5; se o indivíduo for do sexo feminino deverão ser preenchidas a 3, a 4 e a 5.

A tabela 4 diz respeito ao cálculo da massa óssea e, como tal, é independente do sexo e do índice de massa corporal do indivíduo, logo comum a todos os casos.

A tabela 5 diz respeito às dobras cutâneas e é comum aos dois sexos para os indivíduos cujo IMC não ultrapasse os 35 (obesidade), neste caso apenas é utilizado o método das circunferências.

O botão “Instruções detalhadas para as medições” abre um ficheiro pdf, com a metodologia detalhada para a medição das diferentes circunferências e dobras cutâneas.

Para obter os resultados das medições deverá seleccionar-se o botão laranja: “Resultados”.

Os resultados aparecerão em forma de valores e em gráfico. Os valores dizem respeito aos resultados das medições enquanto o gráfico apresenta a composição corporal fraccionada em massa gorda, massa residual, massa magra e massa muscular.

A figura seguinte apresenta o exemplo da avaliação da composição corporal para um indivíduo do sexo masculino não obeso.

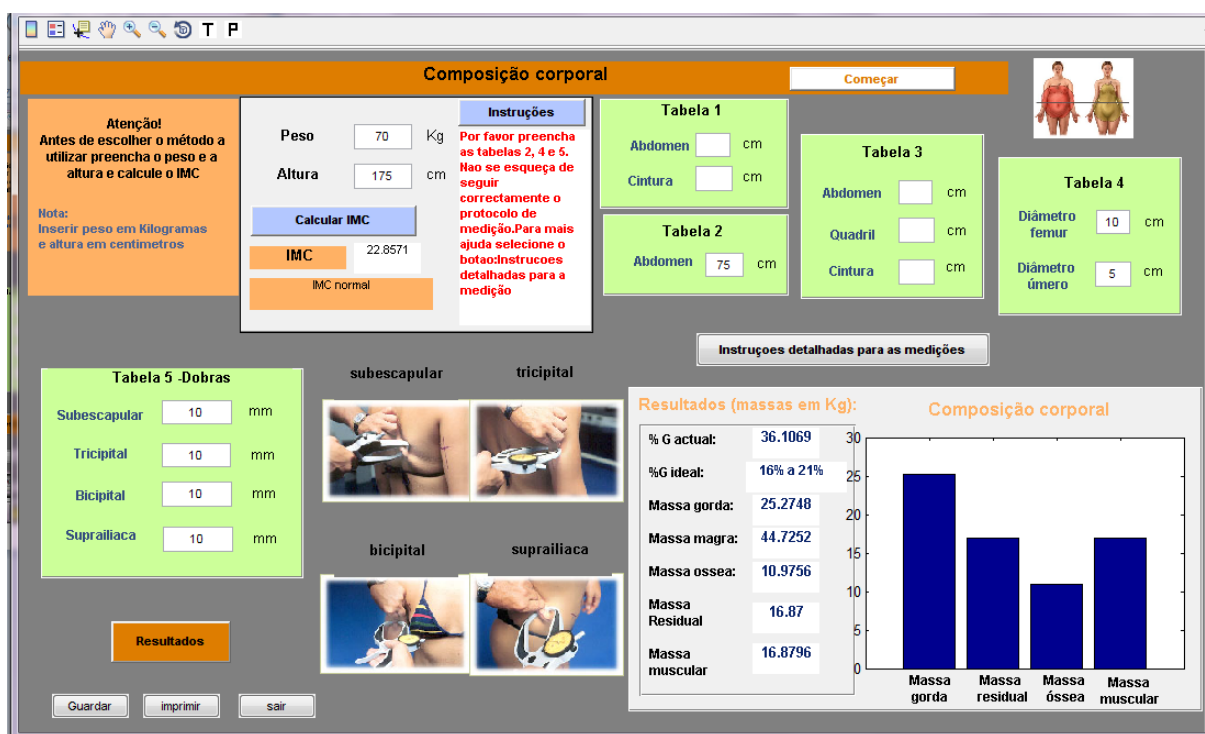


Figura 20 – Exemplo de funcionamento da interface “Composição corporal”

5.1.3.5 - Avaliação Cardiorrespiratória

Esta interface foi desenvolvida especificamente para o ergómetro *Monark Ergomedic 874E* e

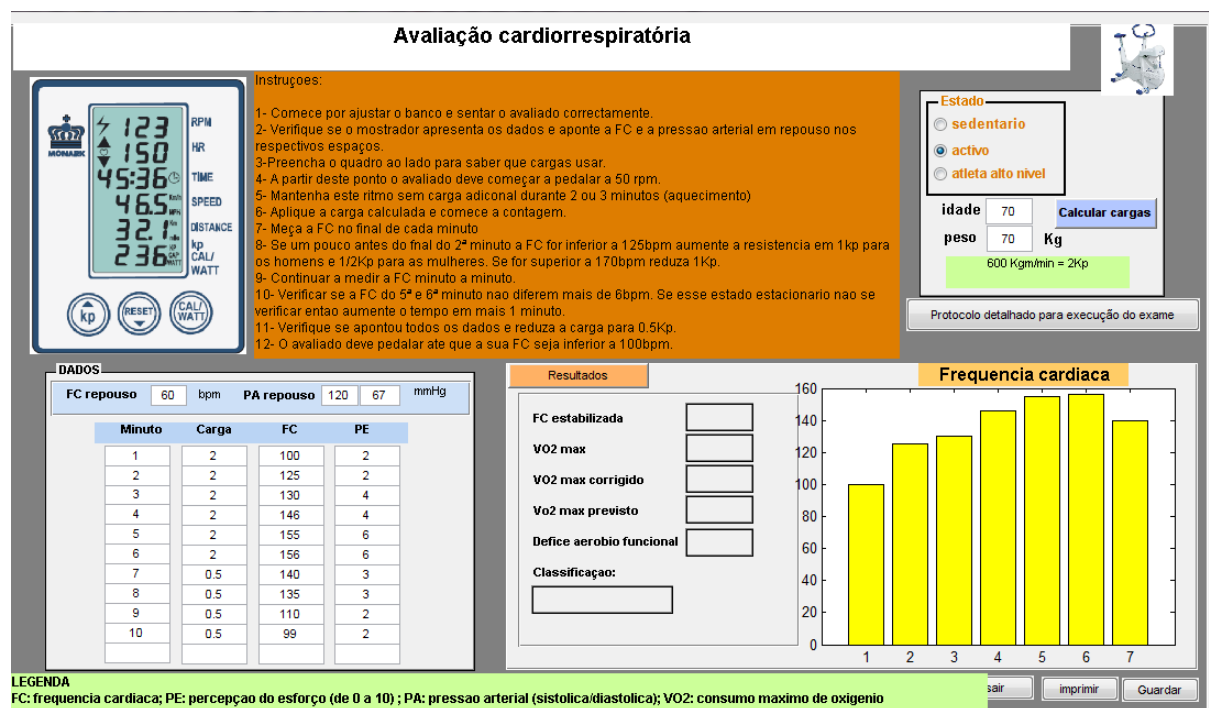


Figura 21 – Exemplo de utilização da interface de avaliação cardiorrespiratória.

para o protocolo de Astrand Rhyning e é bastante simples de utilizar.

À esquerda surge a imagem do mostrador do cicloergómetro para que o utilizador saiba onde aparecerão os dados a retirar durante o exercício.

No quadro laranja estão detalhadas as instruções para proceder ao teste e à direita o quadro a preencher para determinação da carga a utilizar.

Uma vez iniciado o teste, cabe ao utilizador preencher a tabela cinzenta e azul com os minutos, a carga em utilização, a FC retirada do mostrador e a percepção do esforço sentido pelo avaliado (esta última numa escala que varia entre 0 e 10).

À medida que o utilizador introduz os valores da FC vai sendo construído um gráfico de barras para facilitar a observação do estado estacionário. Como este estado deve ser atingido, no máximo, ao fim de 7 minutos, apenas os valores especificados para este tempo surgem no gráfico.

De salientar que no final do segundo minuto, se a FC for inferior a 125bpm ou superior a 170bpm, o programa devolve uma mensagem de alerta ao utilizador para que aumente ou reduza a carga, respectivamente.

Para obter os resultados, bem como uma classificação aos mesmos, basta ao utilizador seleccionar o botão laranja “Resultados”.

5.1.3.6 - Flexibilidade

A avaliação da flexibilidade é feita através da classificação de 20 diferentes movimentos e, como tal, a interface é composta por 20 botões (mais o botão instruções e total) juntamente com 20 espaços para a introdução do valor da escala.

Figura 22 – Exemplo de utilização da interface “Flexibilidade”.

Cada botão corresponde a um movimento e, ao ser seleccionado, responde com uma imagem do mesmo como apresentado nas figuras seguintes.

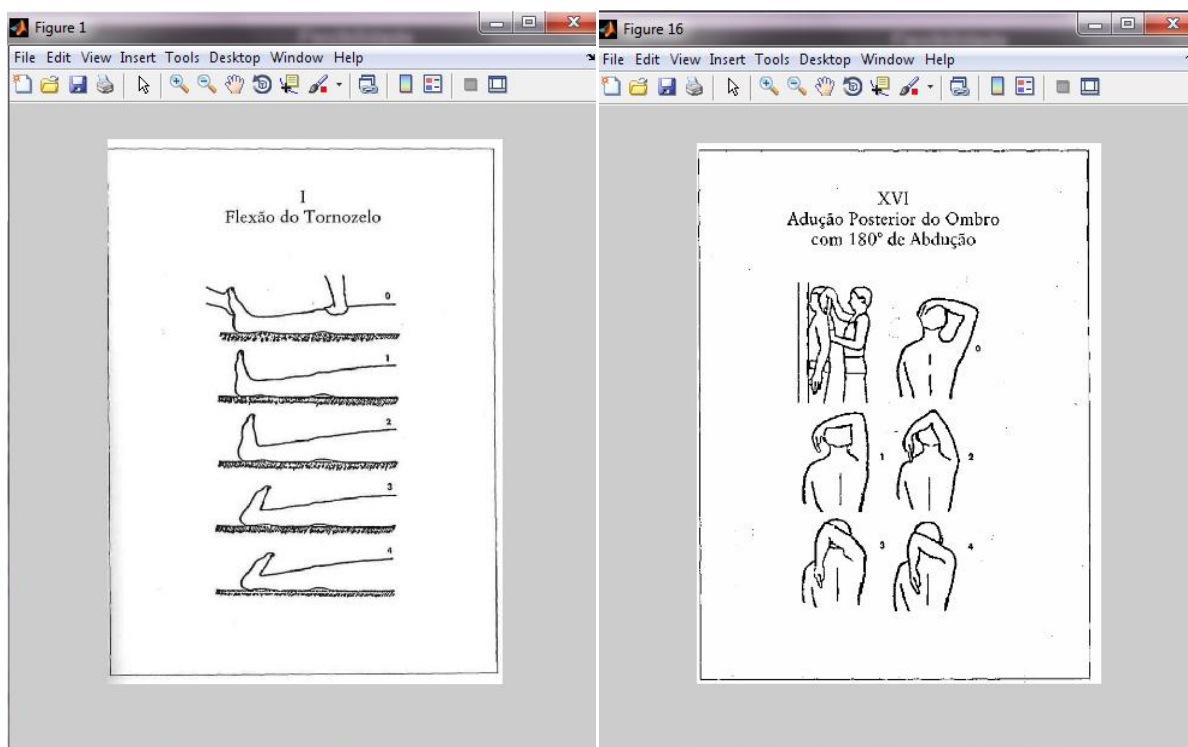


Figura 23 – Janela de visualização do movimento I- flexão do joelho

Figura 23 – Janela de visualização do movimento XVI – Adução Posterior do Ombro com 180° de Abdução

O botão “Total” devolverá o índice geral de flexibilidade e a apreciação ao valor.

5.1.3.7 - Avaliação da resistência muscular

A última interface do sub-grupo “Avaliação física” diz respeito à “Avaliação da resistência muscular”.

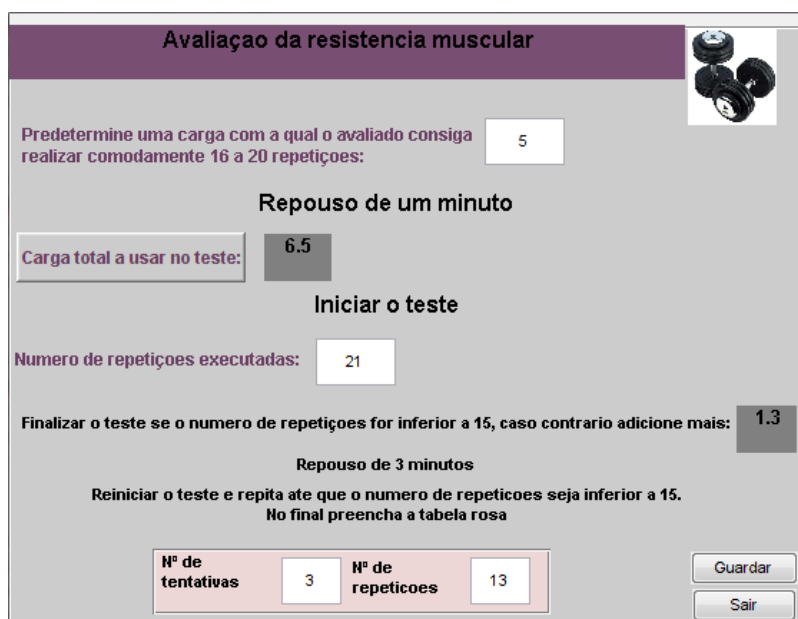


Figura 24 – Exemplo de utilização da interface “Avaliação da resistência muscular”

O teste é bastante simples e, como tal, a interface também. O utilizador só precisa introduzir a o peso do halter com o qual o avaliado consegue executar 15 a 20 movimentos sem esforço, seleccionar o botão que calcula a carga a utilizar e, uma vez terminado o exercício, inserir no quadro correspondente o número de tentativas e de repetições efectuadas.

5.1.4 - Evolução do avaliado

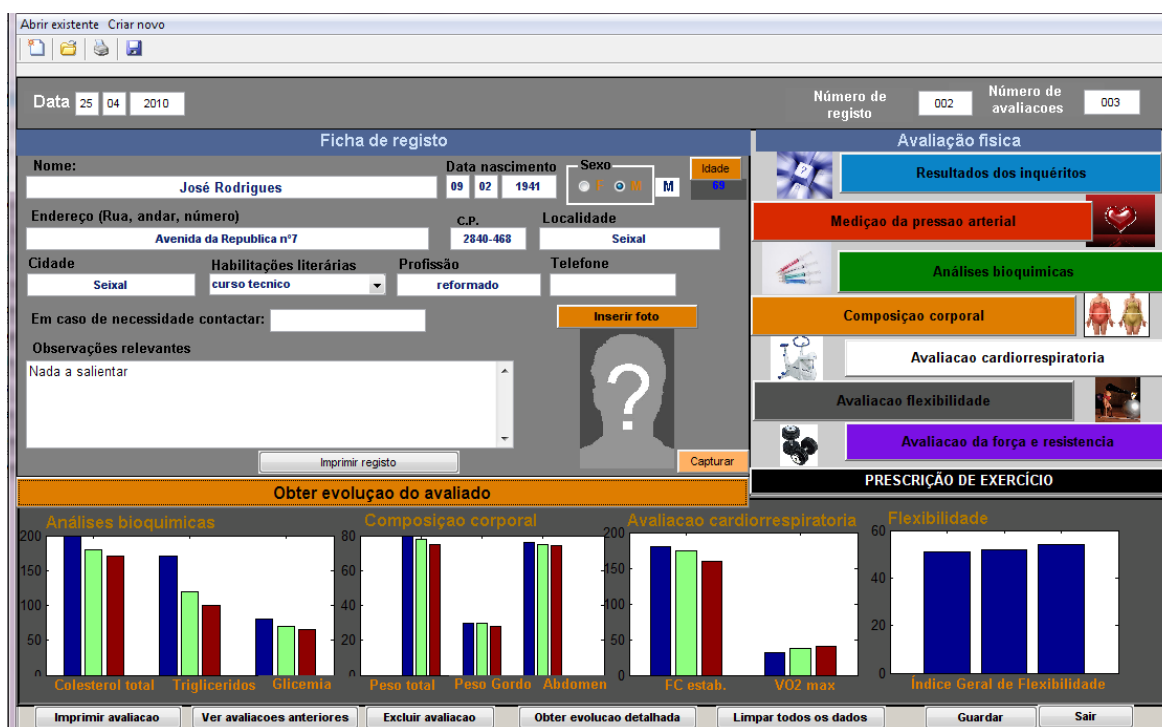


Figura 25 – Interface principal da terceira avaliação depois de efectuados todos os testes.

A última parte do programa prende-se com a evolução do indivíduo.

Uma vez realizados todos os testes, o avaliado pode seleccionar o botão laranja “Obter evolução do avaliado”. Como resposta, surgirão nos gráficos respectivos, as barras correspondentes aos valores das três últimas evoluções.

No caso de se tratar da primeira ou da segunda avaliação, figurarão apenas uma ou duas barras respectivamente.

O primeiro gráfico corresponde à evolução das análises bioquímicas. O colesterol total, os triglicéridos e a glicemia são os valores cuja evolução é analisada.

O segundo diz respeito à evolução da composição corporal nas suas componentes de peso gordo, peso total e abdómen. O terceiro gráfico apresenta o progresso da FC estabilizada e do $VO_{2\max}$ e o último da flexibilidade.

Uma vez concluído, o programa foi transformado num executável e apresentado a alguns funcionários da câmara. A resposta foi positiva, a interface considerada de fácil compreensão e os testes fáceis e rápidos de executar.

5.2 – Interface principal “Estatística por grupos”

Este programa foi criado com o intuito de comparar os resultados dos testes efectuados aos vários habitantes seniores do concelho que se encontram inseridos nas diversas associações.

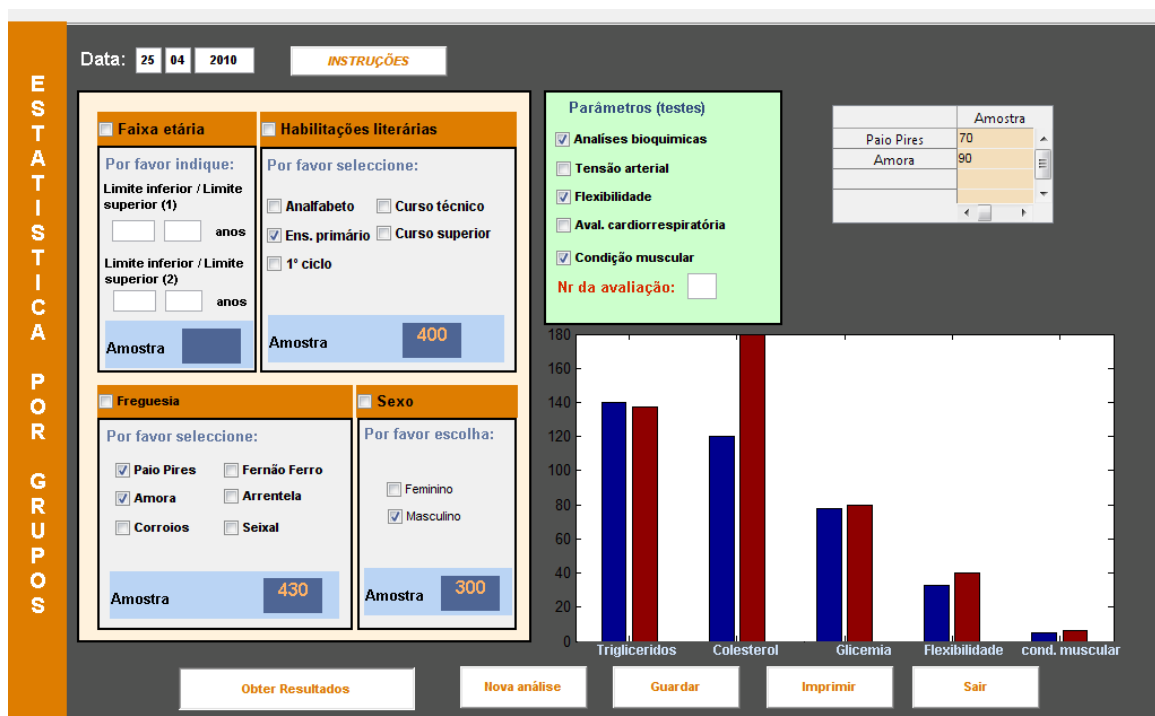


Figura 26 – Exemplo de utilização do programa “Estatística por grupos”

A interface é constituída por 2 quadros de selecção das variáveis a comparar, um gráfico onde surgirão os resultados, uma tabela com o número de pessoas da amostra, resultante das opções seleccionadas, e os botões de execução das várias acções.

Por sugestão dos responsáveis pelo projecto na Câmara Municipal os parâmetros a escolher para comparação dos indivíduos são:

- A faixa etária
- As suas habilitações literárias
- A freguesia
- O sexo

Assim, é possibilitado ao utilizador do programa escolher os parâmetros para selecção da amostra bem como os testes cujos resultados pretende avaliar.

Um dos botões comportados pelo programa é o “Instruções”. Este botão devolve um ficheiro pdf com as instruções detalhadas para a correcta utilização do programa. Aconselha-se a sua leitura (anexo 6) para uma compreensão do funcionamento deste programa.

O programa não é muito completo nesta fase inicial, no entanto, com a evolução do projecto, novas alterações e opções mais completas poderão vir a ser introduzidas como tabelas com valores, gráficos a três dimensões ou animações.

Capítulo 6 - Resultados dos Inquéritos

No concelho Seixal, o Movimento Associativo constitui um dos principais suportes do desenvolvimento social, cultural e desportivo, sendo responsável por uma dinâmica de participação que envolve um grande número de pessoas.

Todos os indivíduos seniores abrangidos por este projecto estão inseridos nas diversas Associações Desportivas espalhadas pelo concelho específicas para este grupo. Estas associações admitem pessoas com idade superior a 60 anos ou inferior em casos específicos.

Para o estudo dos hábitos medicamentosos, estilos de vida e historial clínico destes seniores, utilizou-se como metodologia de recolha de informação o inquérito por questionário, aplicado, através de autopreenchimento, a 103 indivíduos pertencentes às diversas associações desportivas das freguesias do Seixal.

A escolha deste método assentou na maior rapidez de aplicação e na maior facilidade de obtenção da informação sobre os variados aspectos que constituem a realidade em análise que ele oferece.

A permissão para realização dos inquéritos foi obtida através de um ofício dirigido ao Vereador do Pelouro da Mobilidade, Equipamentos Municipais e Desporto da Câmara Municipal do Seixal apresentado no anexo 7.

A aplicação dos inquéritos foi realizada entre Fevereiro e Abril de 2010 pelos técnicos de Freguesia de Freguesia da Divisão de Desporto e Equipamentos Desportivos.

Seguiram-se as fases de codificação, introdução dos dados e revisão em Excel e posterior tratamento estatístico.

O programa da Microsoft foi escolhido em detrimento de outros programas estatísticos, como o SPSS¹⁹ mais vulgarmente utilizado, dada a facilidade de introdução e tratamento de dados, a não necessidade de uma licença de software, a maior variedade de escolha de gráficos e a possibilidade de inclusão de diferentes suplementos de tratamento estatístico como o *StatsDirect* utilizado nos dados em questão.

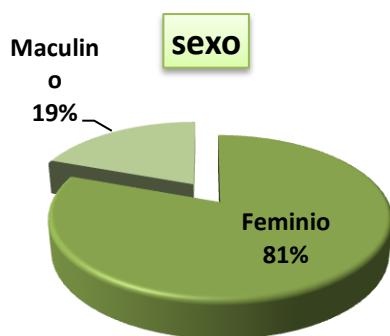
No universo dos seniores inscritos nas colectividades do Seixal com actividades desportivas, o número total de indivíduos que serão abrangidos pelo presente projecto de avaliação e monitorização da condição física numa primeira fase é de cerca de 500. A amostra é representativa do universo geral dos idosos abrangidos pelo projecto, tendo um erro amostral máximo de 2,5% para um grau de confiança de 95%.

6.1 – Caracterização Sociodemográfica

6.1.1 – Sexo

O universo de seniores abrangidos é eminentemente feminino, apenas 19% dos idosos são homens.

¹⁹ Statistical Package for Social Sciences



Existe uma clivagem percentual bastante significativa entre os dois sexos..

Gráfico 7 – Distribuição da amostra por sexo

6.1.2 – Idade

No que diz respeito à idade, destacam-se os escalões que incluem as idades dos 59 aos 70 e dos 71 aos 82 anos verificando-se que a grande maioria dos questionados apresentam uma idade compreendida entre os 59 e os 70 anos.

O número de idosos pertencentes às associações com idade superior a 82 é bastante reduzido, denotam-se a necessidade de uma maior incentivo e esclarecimentos dos benefícios do exercício físico para esta faixa etária.

De destacar também o facto de existirem indivíduos não idosos, ou seja, com idade inferior a 65 anos, inscritos nas associações em questão.

Isto acontece uma vez que estas associações permitem a inscrição de indivíduos não idosos desde que estes tenham mais de 60 anos, daí a designação de seniores, estejam reformados por invalidez ou apresentem características específicas que os permitem, segundo a associação, incluir como tal.



A não existência, entre os inquiridos, de indivíduos com idade inferior a 49 anos não pressupõe que não possam existir alguns no universo total, no entanto, a existirem, terão uma presença residual abaixo do valor do erro amostral.

Gráfico 8 – Estratificação da amostra por escalões etários

A idade média dos indivíduos que constituem a amostra situa-se nos 68,09 anos com um desvio padrão de 6,19 e uma variância de 38,30.

6.1.3 – Nível de instrução

No que diz respeito ao capital escolar que os inquiridos apresentam usa-se a terminologia antiga uma vez que a população em questão foi com essa nomenclatura que frequentou a escola²⁰.

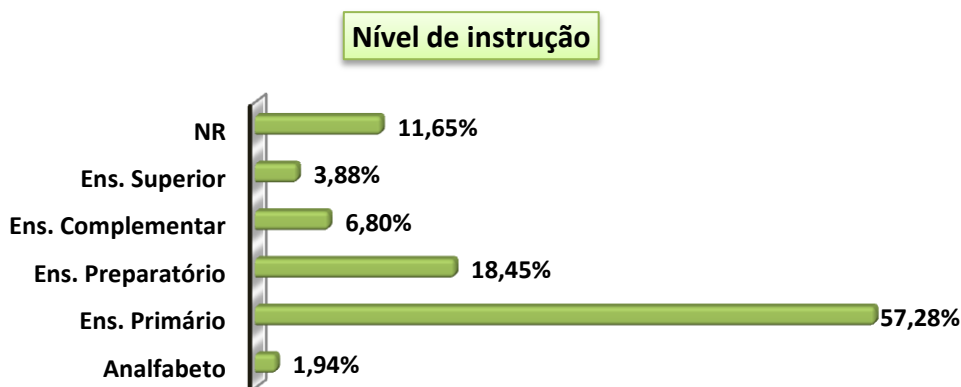


Gráfico 9 – Estratificação da amostra pelo nível de instrução, habilitações literárias, dos indivíduos.

O nível de instrução dos inquiridos situa-se maioritariamente até ao Ensino Preparatório destacando-se o ensino primário com 57,28%; apenas 3,88% dos idosos frequentaram o ensino superior apresentando-se ainda 1,94% como analfabetos; 11,65% dos inquiridos não responderam a esta pergunta.

Assim, o nível de instrução dos indivíduos pertencentes às diversas associações desportivas é relativamente baixo, à imagem do nível de instrução da população idosa Portuguesa.

O nível de instrução é inversamente proporcional à idade dos indivíduos, facto que se prende com a alteração do tecido social da nossa sociedade e a sua evolução nas últimas décadas.

6.1.4 – Situação Ocupacional

As obrigações produtivas determinam o tempo disponível para a participação nas diversas actividades proporcionadas pelos diversos membros associativos, entre elas, o exercício físico.

Dada a faixa etária dos inquiridos, esperava-se que a esmagadora maioria fosse reformado, o que acabou por acontecer.

O gráfico ressalta que a grande maioria, 63%, é reformado.

No entanto existe ainda uma percentagem considerável de indivíduos domésticos 27%; 8% encontram-se empregados, sendo esta fatia representativa dos indivíduos com idade inferior a 65 admitidos nas associações.

²⁰ Terminologia actual – adoptada no final da década de 80.

Ensino primário – 1º Ciclo do Ensino básico

Ensino Preparatório – 2º Ciclo do Ensino Básico

Ensino Secundário Unificado/antigo 5º ano – 3º Ciclo do Ensino Básico

Ensino Complementar mais 12º ano - Ensino Secundário

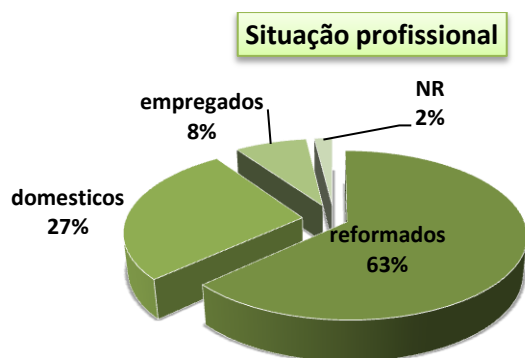


Gráfico 10 – Situação profissional dos inquiridos.

O estudo da situação profissional permite concluir que a grande maioria dos seniores inscritos dispõe de tempo livre suficiente para seguir um programa completo de exercício físico.

6.2 – História Clínica

Após a análise sociodemográfica dos indivíduos seniores pertencentes às diversas sociais apresentam-se os resultados relativos às diversas patologias ou comportamentos de riscos que possam interferir com o tipo ou a intensidade do plano de exercícios a que se irá submeter.

	Doença coronária	Familiares com doença coronária	Fuma actualmente	Ex-fumador	Diabetes	Hipertensão
Sim	9,71%	11,65%	2,91%	11,65%	14,56%	46,61%
Não	88,35%	79,61%	96,12%	80,58%	83,50%	48,54%
NR	1,94%	8,74%	0,97%	7,77%	1,94%	4,85%

Tabela 17 – Parâmetros do historial clínico e respectiva percentagem de respostas positivas, negativas ou nulas.

A grande maioria dos inquiridos não apresenta qualquer tipo de doença coronária, sendo a percentagem correspondente à resposta negativa relativamente menor no que diz respeito à presença de deste tipo de patologias em familiares directos.

No universo geral Português, considerando uma população de 10 milhões de habitantes, cerca de 500 mil indivíduos sofrem de doenças coronárias, o que corresponde a uma percentagem de cerca de 5%. No total dos inquiridos esta percentagem é de aproximadamente 10%, o dobro. No entanto a predominância de doenças coronárias aumenta com a idade sendo os valores apresentados tratados como dentro da média.

Surpreendentemente, apenas 2,91% dos inquiridos é fumador, uma percentagem consideravelmente baixa quando comparada com a média nacional. De entre os fumadores, a média diária de cigarros consumidos é de 9, com um desvio padrão de 1,65 e uma variância de 2,72 aproximadamente.

Apesar da baixa percentagem de fumadores actuais, 11,85% já foi fumador. A tabela apresenta, para essa percentagem, a média de cigarros consumidos por dia, durante quanto tempo, em anos, fumou e há quantos anos deixou de fumar.

	Média	Desvio Padrão	Variância
<i>Nº de cigarros/dia</i>	18,73	6,71	44,64
<i>Número de anos como fumador</i>	20,45	7,22	51,57
<i>Há quantos anos deixou de fumar</i>	16,00	6,28	39,05

Tabela 18 – Média, desvio padrão e variância dos vários parâmetros referentes aos hábitos dos ex-fumadores.

Apesar da quantidade de anos como não fumador ser elevada, o número de anos como fumador e o número de cigarros consumidos diariamente foi bastante elevado e como tal estes resultados não podem ser ignorados para os indivíduos em questão.

No que diz respeito à diabetes, 14,56% dos inquiridos sofrem desta patologia e destes, 6,67% apresenta diabetes do tipo 1, 80% diabetes do tipo 2 e 13,33% não respondeu.

Esta doença crónica, *diabetes mellitus*, caracterizada pelo aumento dos níveis de açúcar no sangue, atinge cerca de 400 a 500 mil portugueses de ambos os sexos. A tendência para o aumento da frequência desta doença com a idade explica a percentagem apresentada.

Tal como no universo geral português, em que a *diabetes mellitus tipo 2* atinge cerca de 95% da população diabética, este tipo de diabetes é o que apresenta maior incidência nos inquiridos, sendo que, apenas um indivíduo sofre da *diabetes mellitus tipo 1*. À excepção de um, por razões desconhecidas, todos os diabéticos inquiridos se encontram em tratamento.

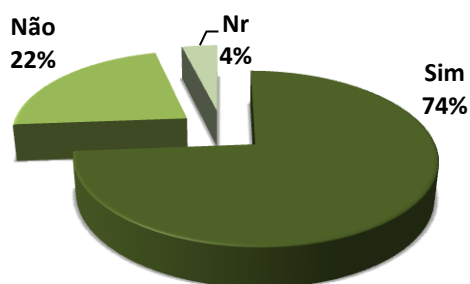
		Número de indivíduos	Percentagem
Tipo de <i>diabetes mellitus</i>	1	1	6,67%
	2	12	80,00%
	NR	2	13,33%
Tratamento	Sim	12	80,00%
	Não	1	6,67%
	NR	2	13,33%

Tabela 19 – Dados referentes à percentagem e número de indivíduos que sofrem de diabetes.

Para concluir a análise estatística da história clínica, a hipertensão atinge cerca de metade dos seniores questionados. Esta percentagem já era esperada uma vez que existem cerca de dois milhões de hipertensos em Portugal, sendo a sua incidência bastante maior em indivíduos idosos.

6.3 – Passado desportivo

Prática desportiva anterior



Quando questionados sobre a existência de um passado desportivo regular, a larga maioria dos inquiridos respondeu afirmativamente à questão autoavaliando o nível atingido com uma média de aproximadamente 4,1 numa escala que varia entre 0 e 10. O desvio padrão desta média é de cerca de 2 e a variância de 4.

Gráfico 11 - Estratificação dos seniores por existência de prática desportiva anterior.

A média obtida é maior do que se esperava revelando que a maioria dos inquiridos atingiu um nível de treino físico bastante satisfatório.

Em termos de lesões obtidas com a prática do exercício, apenas seis indivíduos afirmaram ter sofrido algum tipo de lesão, o que corresponde a uma percentagem de 5,83%, 8,74% não respondeu à questão.

Uma vez inseridos nas associações desportivas, os seniores reiniciam ou iniciam, consoante a prática anterior, as diversas actividades oferecidas pelas mesmas. No entanto, 14 dos indivíduos, dos 103 da amostra, pertencem a uma recém-criada associação pelo que, à data de aplicação deste questionário, as actividades ainda não tinham sido iniciadas. Assim, os dados seguintes dizem respeito a 89 e não a 103 seniores.

Em termos de média os seniores praticam actividade física cerca de 3 dias por semana, com um desvio padrão e uma variância associada de cerca de 1,18 e 1,39 respectivamente.

As actividades disponibilizadas pelas associações para a população sénior são: a ginástica de manutenção, a caminhada e a hidroginástica. O gráfico seguinte apresenta a percentagem de indivíduos que praticam uma, duas ou as três actividades. No entanto 31,46% dos inquiridos não referiram as actividades praticadas pelo que os dados referentes a esta questão não devem ser tomados como representativo do universo de seniores estudado.

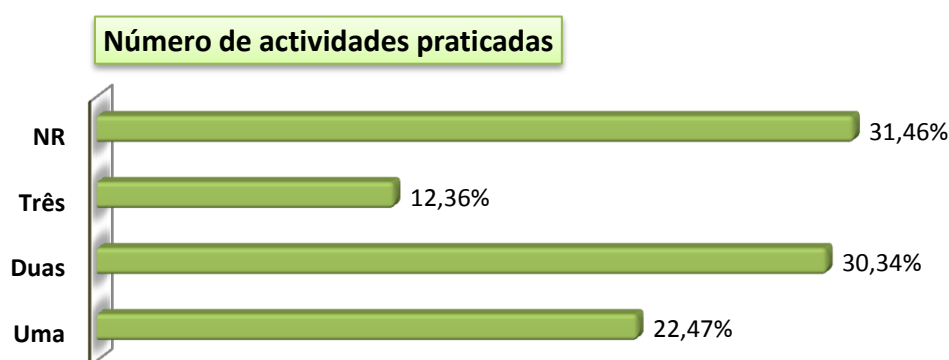


Gráfico 12 – Estratificação dos indivíduos por número de actividades praticadas

6.4 – Motivações, espírito desportivo e evolução temporal do peso

6.4.1 – Motivações e objectivos

De modo a melhor compreender as motivações que levam os inquiridos à prática de exercício físico, foi-lhes pedido para, de forma breve, as descreverem. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico seguinte.

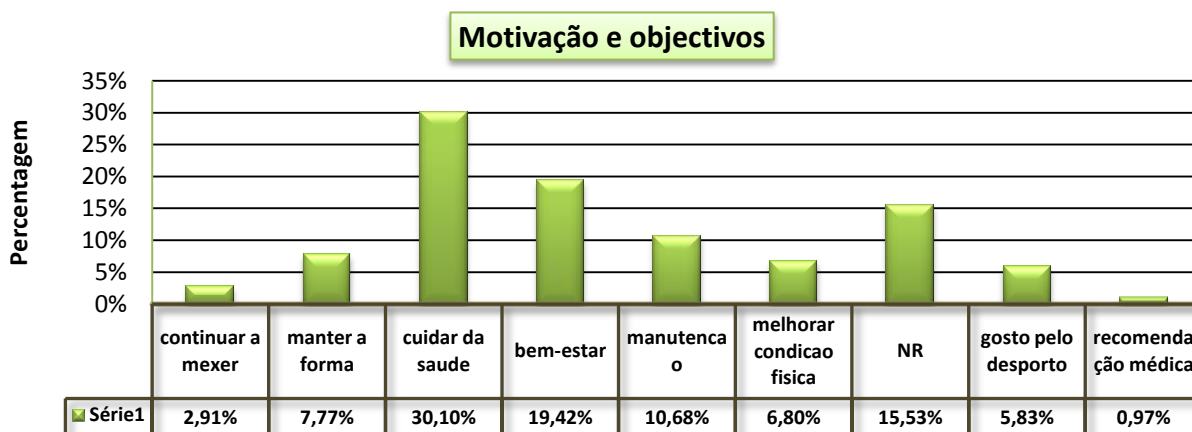


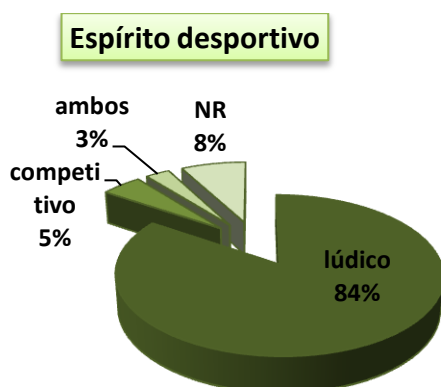
Gráfico 13 – Principais motivações e objectivos apontados pelos inquiridos

Destacam-se o bem-estar e a preocupação com a saúde com uma percentagem de 19,42% e 30,10% respectivamente.

Uma vez que a resposta a esta pergunta era aberta, leia-se sem restrições, as respostas obtidas foram bastante diversificadas pelo que o gráfico representa grupos de respostas e não respostas específicas. Respostas como “baixar o colesterol” foram incluídas no grupo “cuidar da saúde”, ou ainda “sentir-me bem física e psicologicamente” no grupo “bem-estar”. No grupo manutenção foram incluídas as respostas que focavam a melhoria da postura corporal, a manutenção da flexibilidade ou ainda de agilidade e força. De realçar que apenas uma pessoa afirmou que tinha iniciado a prática de exercício por recomendação médica.

6.4.2 – Espírito desportivo

Quando questionados sobre o seu espírito desportivo, se lúdico, competitivo ou ambos, a esmagadora maioria respondeu lúdico.



Esta clivagem percentual, de 84%, era esperada uma vez que o objectivo principal dos inquiridos não passa pela competição desportiva mas sim pela procura de um ambiente social dinâmico e entusiasta onde possam praticar exercício de forma segura. No entanto, apesar de poucos, os indivíduos que constituem a percentagem dos 5% não devem ser ignorados uma vez que o seu espírito competitivo, mesmo nas mais lúdicas actividades, irá, possivelmente, levá-los a querer superar os restantes desportistas podendo gerar destabilização.

Gráfico 14 – Espírito desportivo dos inquiridos

6.4.3 – Evolução temporal do peso

A existência desta pergunta prendeu-se com a necessidade de conhecer como o peso do indivíduo evolui ao longo dos anos para melhor avaliar a sua capacidade em perder, manter ou ganhar peso.

Das seis respostas possíveis, os inquiridos deveriam apenas assinalar uma, no entanto o número de inquiridos a fazerem uma escolha dupla foi bastante. Como tal, todas as respostas que assinalavam simultaneamente “tem vindo a aumentar com o passar dos anos” e outra qualquer resposta, foi considerada como resposta válida a segunda uma vez que, o aumento do peso com o passar do tempo é uma alteração normal do ponto de vista da composição corporal. As restantes respostas múltiplas foram tomadas com não válidas e como tal incluem o grupo “Não respondeu”.

Esta quinta opção (“tem vindo a aumentar com o passar dos anos”) foi criada apenas para os indivíduos que não se reviam em nenhuma das restantes e em que esse aumento se verificou acentuadamente.

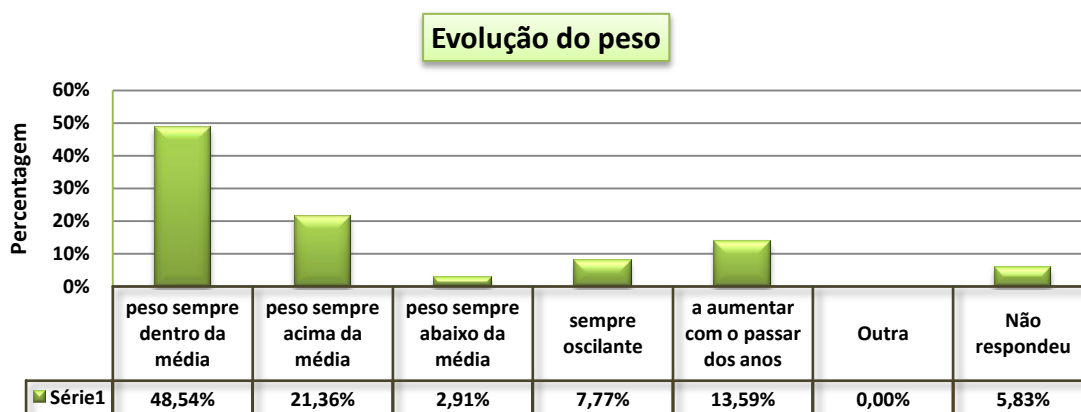


Gráfico 15 – Evolução temporal do peso dos inquiridos

Destaca-se no gráfico o grupo de indivíduos cujo peso se apresenta dentro da média, com 48,54% e, em segundo plano, os 21,36% representativos dos seniores com excesso de peso.

Estima-se que em Portugal cerca de 4 milhões de pessoas sofram de excesso de peso, os dados obtidos junto dos inquiridos representam uma média inferior mas ainda assim elevada.

6.5 - Actividades físicas e ambiente de treino preferidos

De modo a conhecer as preferências dos inquiridos no que respeita às actividades físicas e ao ambiente ideal para desenvolvimento das mesmas, foi-lhes pedido que classificassem numa escala de 0 a 5 as actividades e os ambientes apresentados. Os resultados estão apresentados nas tabelas seguintes:

Actividades preferidas					
	Caminhada/corrida	Ciclismo	Natação/hidroginástica	Aeróbica/step	Jogos de grupo
Média	3,388	0,622	2,786	1,439	1,784
DP	1,820	1,162	1,970	1,927	2,001
Variância	3,312	1,351	3,881	3,713	4,005

Tabela 20 – Média, desvio padrão e variância da classificação atribuída pelos inquiridos às actividades físicas apresentadas

Ambiente preferido					
	Ar livre/grupo	Ar livre/sozinho	Pavilhão/grupo	Pavilhão/sozinho	Indiferente
Média	2,939	0,735	3,286	0,327	0,429
DP	2,070	1,381	1,990	0,743	1,158
Variância	4,285	1,908	3,959	0,552	1,340

Tabela 21 – Média, desvio padrão e variância da classificação atribuída pelos inquiridos aos ambientes apresentados

Após análise às tabelas conclui-se que, de uma forma geral, os seniores do Seixal elegem as caminhadas/corrida e natação/hidroginástica em detrimento das restantes actividades e que preferem desenvolver essas actividades em grupo num pavilhão ou ao ar livre.

Estes resultados são de crucial importância para as associações uma vez que a boa resposta ao treino físico depende largamente da satisfação e vontade do indivíduo. Ao desenvolver um exercício que não goste ou sob um ambiente que não o deixe confortável, o indivíduo não irá apresentar um desempenho satisfatório.

Essencial é também conhecer a disponibilidade semanal e a duração ideal de cada sessão de treino de modo a criar um plano de exercícios adequado a estas exigências. A média obtida para o número de dias por semana de que dispunham para a prática de exercício físico foi de 3,609 com um desvio padrão de 1,630 e uma variância de 2,658. As preferências em termos de duração ideal são apresentadas no gráfico.

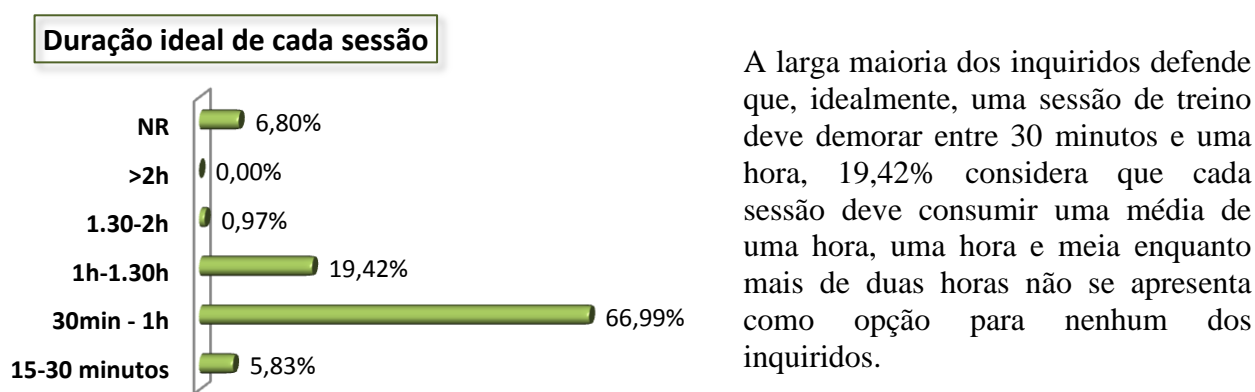


Gráfico 16 – Percentagens referentes à duração ideal de cada sessão de exercícios

6.6 - Hábitos desportivos e estilos de vida

A tendência para a desidratação e subnutrição nos idosos torna fundamental avaliar os hábitos associados ao exercício que possam ampliar esta propensão: o consumo de líquidos, a alimentação ajustada e a frequência de saunas.

	Consumo de líquidos	Alimentação ajustada	Frequência de saunas
Sim	84,47%	69,90%	5,83%
Não	9,71%	9,71%	82,52%
Não sabe	0,00%	10,68%	0,00%
NR	5,82%	9,71%	11,65%

Tabela 22 – Dados percentuais referentes ao consumo de líquidos, alimentação ajustada ao exercício e frequência regular de saunas.

De uma forma geral, os inquiridos ingerem líquidos durante a actividade física e têm cuidado com a alimentação de modo a adequá-la ao treino. De salientar que cerca de 10% dos seniores não sabe se a sua alimentação é ajustada ao exercício que desenvolvem, neste sentido sugere-se uma palestra ou uma simples conversa informal junto dos indivíduos inscritos nas associações.

Apenas 5,83% dos inquiridos frequentam saunas ou banhos turcos, apesar de mínima, esta percentagem não deve ser ignorada uma vez que a frequência exagerada de saunas pode causar desidratação.

Em género de conclusão, de uma forma geral a aplicação dos questionários correu bem. No entanto, a grande percentagem de “NR” apresentada nas perguntas “Motivação para o exercício” e “Actividades praticadas” mostra que estas perguntas deveriam ter sido apresentadas de maneira diferente, possivelmente com respostas opcionais e não com resposta aberta.

Capítulo 7 – Conclusão e perspectivas futuras

Com o intuito de garantir o melhor e mais individualizado plano de actividade física para os habitantes seniores do concelho do Seixal, a Câmara deste município resolveu criar várias parcerias. A concretização deste objectivo teve assim por base a complementaridade entre várias entidades, uma das quais a Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNL.

Após revistos os vários sistemas orgânicos que mais influências sofrem com a actividade física, e as suas alterações fisiológicas associadas à idade, conclui-se que as componentes que mais fielmente retratavam a condição física dos indivíduos seniores seriam a morfológica, a muscular e a cardiorrespiratória.

Uma alargada revisão aos vários métodos existentes para avaliação de cada uma, permitiu a escolha, com algumas optimizações, dos seguintes: composição corporal (componente morfológica), métodos das dobras cutâneas e método das circunferências; massa óssea (componente morfológica), diâmetros biepincondilianos do fémur e do úmero; resistência muscular (componente muscular): número de repetições máximas de levantamento de uma determinada carga; flexibilidade (componente muscular): flexiteste e capacidade aeróbia máxima (componente cardiorrespiratória): protocolo de Astrand Rhyming para o cicloergómetro.

Antes de submetidos a qualquer um destes testes, os indivíduos têm de ser considerados aptos à prática de actividade física e, como tal, foram primariamente submetidos a um inquérito com o objectivo de estudar a existência de possíveis patologias, hábitos medicamentosos ou estilo de vida que poderiam torná-los não aptos ou com limitações à prática desportiva.

Os resultados obtidos permitiram concluir que, tal como esperado, todos eles podem praticar desporto, no entanto, alguns apresentam características que os tornam mais susceptíveis de risco. É o caso dos 14,56% que sofrem de *diabetes mellitus*, dos 9,71% cardipatas e dos 46,61% hipertensos. Este estudo permitiu também verificar que 21,36% dos inquiridos considera que o seu peso sempre foi acima da média e que as motivações que levam a maior parte dos seniores a praticar exercício físico são a preocupação com a saúde e o bem-estar.

A caminhada foi eleita como a actividade preferida pelos inquiridos e o pavilhão/sala de desporto como o local ideal para a prática desportiva colectiva.

Para monitorizar a evolução dos indivíduos foi criado um executável através do software Matlab. Procurou criar-se uma interface de fácil compreensão e que permitisse a obtenção rápida de resultados e a impressão de relatórios referentes aos diferentes testes de avaliação da condição física. Uma avaliação feita por futuros utilizadores da Câmara Municipal do Seixal concluiu que estes objectivos foram atingidos.

Um segundo programa criado, como complementaridade ao primeiro, permite uma comparação estatística dos diferentes testes consoante os vários parâmetros escolhidos: sexo, faixa etária, habilitações literárias e associação em que se encontram inseridos.

Uma vez que este projecto se encontra inserido num contexto camarário, é um processo evolutivo sujeito a correcções e optimizações ao longo do progresso.

De salientar que os parâmetros foram testados de acordo com a amostra populacional e que o tipo e métodos de avaliação foram analisados de modo a apresentarem-se como mais adequados à população e com menores custos e necessidade de funcionários.

Na base do protocolo desenvolvido estão previstas outras medições nomeadamente a avaliação do estado de vasos sanguíneos e ar exalado. O programa criado pode ser alargado para incluir estas novas medições.

Este projecto pode ainda ser ampliado a toda a população do Seixal e não apenas à população sénior, tornando-se uma ferramenta valiosa para avaliação e monitorização de toda a população do concelho. Os dados evolutivos poderão ser usados para comprovar a importância da actividade física na saúde e bem-estar do ser humano.

Os resultados obtidos numa primeira fase serão apresentados na 6ª conferência internacional de Tecnologia e Ciências Médicas a ter lugar no Porto entre os dias 21 e 23 de Outubro de 2010.

O desenvolvimento deste projecto foi bastante aliciente e possibilitou o contacto com diversos temas e entidades que, por não se enquadrarem, não foram abordados ao longo do curso.

Bibliografia

- [1]
<http://www.portaldasaude.pt/portal/conteudos/enciclopedia+da+saude/atividade+fisica/default.htm>
- [2] - http://dn.sapo.pt/inicio/ciencia/interior.aspx?content_id=1468498&seccao=Sa%FAde
- [3] Souza, Maria Helena; Elias, Decio (2006), FUNDAMENTOS DA CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA Cap3-fisiologia cardiovascular; pag 51-58 , Centro Editorial Alfa Rio, RJ, Brasil
- [4] Vassilenko, Valentina. Slides da aula “Sistema Cardiovascular” da disciplina Biomecânica e Hemodinâmica
- [5] <http://www.sport-fitness-advisor.com/VO2max.html>
- [6] Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 4 – Aparelho Cardiovascular e Actividade Física, Europress Odivelas, Lisboa (pp 74-86)
- [7] American College Sports Medicine (ACSM), (1995) – Guidelines For Exercise Testing and Prescription, 5th Edition – Lea & Febiger
- [8]
http://www.nymc.edu/fhp/centers/syncope/new_circulatory_findings%20in_static%20_handgripr.htm
- [9] Astrand e Rodahl “TextBook of Work Physiology, ed por McGraw Hill
- [10] Clifford P.S, Hanel B, Secher N.H., (1994) – Arterial blood pressure response to rowing – Med. Sci. Sports Exercise, 26: pp. 715-719
- [11] Wilmore, J.H., Costil D.L., (1994) – Cardiovascular Control During Exercise in “Physiology of Sport and Exercise, 1st Ed Cap. 8 – Human Kinetics, Champaign. HL
- [12] McArdle W.D., Katch V.L., (1991) – The Cardiovascular System, Cardiovascular Regulation and Integration e Functional Capacitu of the Cardiovascular System – 3rd Ed. Caps 15, 16 e 17. Lea & Febiger, Philadelphia
- [13] <http://www.mundoeducacao.com.br/biologia/sistema-respiratorio.htm>
- [14] Babcock M.A., Dempsey J.A., (1994) – Pulmunar System Assaptations: Limitations to exercise in Physical Activity, Fitness and Health – International Proceecesings and Concensus Statement, 1st Ed, Cap- Ed por Claude Bouchard, Roy Shepard e Thomas Stephens Human Kinetics, Champaign. IL
- [15] Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 5 – Aparelho Respiratório e Actividade Física, Europress Odivelas, Lisboa (pp 90-99)
- [16] <http://www.auladeanatomia.com/sistemamuscular/gen-musc.htm>
- [17] Vassilenko, Valentina “Sistema Muscular” Slides das aulas de Biomecânica e Hemodinâmica, FCT
- [18] Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 3 – Músculo e Actividade Física, Europress Odivelas, Lisboa (pp 63-73)

- [19] <http://www.rgnutri.com.br/sap/tr-cientificos/gssi018.php>
- [20] Wilmore JH, Costill DL., (1994) – Physiology of Sport and Exercise, 1st Ed. Caps 2, Human Kinetics, Champaign IL
- [21] Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 1 – A produção de energia, Europress Odivelas, Lisboa (pp 23-46)
- [22] <http://z.about.com/d/chemistry/1/0/w/a/atp.jpg>
- [23] Wasserman, K., Hansas, J., Sue, D.Y., Whipp, b.j., Principles of Exercise Testing and interpretation, 4th Ed. Lippincott Williams & Wilkins, New York
- [24] Garrow J.S., (1978) – Energy balance and obesity in man – New York, Elsevier
- [25] Surgeon General’s report, (1996) – Physical Activity and Health. Sports Medicine Bulletin, 32.
- [26] Wilmore JH, Costill DL, (1994) – Aging and the older athlete in “Physiology of Sport and Exercise, 1st Ed Cap. 18”. Human Kinetics, Champaign. IL
- [27] Saltin B., (1986) – The Aging endurance athlete in Sports Medicine for the mature athlete, Editado por JR Sutton e RM Brock. Benchmark Press, Indianapolis, INi.
- [28] Ansved T & Larsson L. (1990) – Quantitative and qualitative morphological properties of the soleus motor nerve and the L5 ventral root in young and old rats. *Journal of Neurological Science.*, 96: pp- 269-282
- [29] McArdle WD, Katch FI, Katch VL (1991) – *Physical Activity, Health and Aging in Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance – 3rd Ed. Cap. 30, Lea & Febiger, Philadelphia.*
- [30] Barata JT, (1994) – Validação da Bioimpedancia Electrica na determinação da composicao corporal de Desportistas. Tese de Mestrado em Medicina Desportiva, Faculdade de Medicina de Lisboa.
- [31] Branco JC, Matos ACA, Silva JC, (1998) – Metabolismo fosfo-cálcico. Geriatria, 1: pp 30-39.
- [32] Wilmore JH, Costill DL, (1988) – The Masters Athlete in “Training for Sport and Activity”, Cap. 16. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque Iowa
- [33] Paffenbarger RS Jr e tal., (1986) – Physical activity, all-cause mortality and longevity of college alumni. *New Engl.J.Med.* 314: p.605
- [34] Drenick EL, Bale GS, Seltzer F, Johnson GD, (1980) – Excessive mortality and causes of death in morbidly obese men. *JAMA* 243: pp. 443-445
- [35] Hunter GR, Kekes-Szabo T, Treuth MS, Williams MJ, Goran M. Pichon C, (1996) – Intra-abdominal adipose tissue, physical activity and cardiovascular risk in pre and post-menopausal women. *Int. J. Obes.* 20 : pp. 860-865
- [36] Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 13, Europress Odivelas, Lisboa

- [37] Wang ZM, Pierson RN, Heymsfield S.B., (1992) – The five level model: a new approach to organising body composition research .. Am. J. Clin. Nutr 56: pp. 19-29
- [38] Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A., (1963) – Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad. Sci. 110: pp. 113-140.
- [39] Jebb SA, Elia M, (1995) – Multi-compartment models for the assessment of body composition in health and disease. In Davies PSW, Cole TJ (Eds.). Body composition techniques in health and disease, (pp. 195-221) Cambridge University Press.
- [40] Siri WE, (1961) – Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In: Brozek J and Henschel A (Eds.). Techniques for Measuring Body Composition. Washing D.C. (pp. 223-244): National Academy of Science.
- [41] Lohman TG, (1986) – Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. In Pandolf KB (Ed.) Exercise and Sport Sciences Reviews, (pp. 325-357) New York: Macmillan Publishing
- [42] <http://medscanbh.com.br/BIOIMPED%C3%82NCIA.asp>
- [43] Monteiro, Wallace (1998) – Personal Training: Manual para avaliação e prescrição de condicionamento físico. (pp. 33–58) Riotexto, Rio de Janeiro Brasil
- [44] Norton K, (1996) – Anthropometric estimation of body fat in Norton K, Olds T (Eds). Anthropometria, (173-198) Sydney: University of South Wales Pres.
- [45] Durnin JV, Womersley J, (1974) – Body fat assessed from body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Brit. J. Nutr. 32: pp. 77-97.
- [46] - (bibliografia HEYWARD & STOLARCZYK (op. cit, p.151)
- [47] - <http://www.aporos.pt/>
- [48] - Barata JT e outros, (1997) – “Actividade física e Medicina moderna”, Cap. 23- Excesso de Peso, Obesidade e Actividade Física (266-286), Europress Odivelas, Lisboa
- [49] American College of Sports Medicine (ACSM), (1995) – Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 5th Edition – Lea & Febiger
- [50] Noble, B., (1986) – “Physiology of Exercise and Sport”. Mosby
- [51] Bruce RA, (1973) –Principles of Exercise Testing in “Exercise Testing and exercise training in coronary heart disease, Editado por JP Naughton, HK Hellerstein e IC Mother. New York Academic Press, pag 53
- [52] <http://en.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

ANEXO 1

Classificação dos músculos pelos diversos parâmetros

Parâmetros	Classificação	Exemplos
Situação	Superficiais ou cutâneos: Apresentam no mínimo uma ou duas intersecções com a derme. Encontram-se logo abaixo da pele e estão localizados na cabeça, no pescoço e na mão.	Platisma
	Profundos ou Subaponeuróticos: Não apresentam inserções na camada profunda da derme. Na maioria das vezes inserem-se nos ossos e estão localizados abaixo da fáscia superficial.	Supinador
Forma	Longos: Encontram-se essencialmente nos membros. Os mais superficiais são os mais longos que podem passar por duas ou mais articulações.	Bíceps braquial
	Curtos: Encontram-se nas articulações cujos movimentos têm pouca amplitude, o que não exclui força nem especialização.	Músculos da mão
	Largos: Caracterizam-se por serem laminares. Encontram-se nas paredes das grandes cavidades como o tórax e o abdómen.	Diafragma
Disposição da fibra	Recto: Paralelo à linha média	Recto abdominal
	Transverso: Perpendicular à linha média	Transverso abdominal
	Oblíquo: Diagonal à linha média	Oblíquo externo.
Origem e Inserção	Origem: Quando se originam de mais de um tendão	Bíceps, Quadríceps
	Inserção: Quando se inserem em mais de um tendão	Flexor Longo dos Dedos
Função	Agonistas: São os músculos principais que se contraem para activarem um movimento específico do corpo.	Para pegar numa chave usam-se os flexores dos dedos
	Antagonistas: Opõem-se à acção dos agonistas, quando o agonista se contrai, o antagonista relaxa progressivamente, produzindo um movimento suave.	Ao pegar numa chave, os antagonistas são os extensores dos dedos.
	Sinergistas: Estabilizam as articulações para que não ocorram movimentos indesejáveis durante a acção principal.	Ao pegar na chave os sinergistas são os estabilizadores do punho, cotovelo e ombro.
	Fixadores: Estabilizam a origem do agonista de modo que ele possa agir mais eficientemente. Estabilizam a parte proximal do membro quando se move a parte distal.	
Nomenclatura	Acção	Extensor dos dedos.
	Acção Associada à Forma	Pronador redondo e pronador quadrado
	Acção Associada à Localização:	Flexor superficial dos dedos
	Forma	Músculo Deltóide
	Localização	Tibial anterior
	Número de Origem	Bíceps femoral e tríceps braquial.

ANEXO 2

Inquérito aos habitantes seniores do concelho do Seixal e
consentimento informado

Data: ____/____/____

N.º de registo:

Ficha de utente

Dados pessoais:

Nome: _____ Sexo: ____ Data Nascimento: ____/____/____

Morada Completa: _____

Código Postal _____ - _____ Estado Civil: _____

Nível de instrução _____ Profissão _____

Telefone: _____ Em caso de necessidade contactar: _____

História clínica:

1. Sofre de algum tipo de doenças coronárias? S ☐ N ☐

Tem familiares directos que sofrem? S ☐ N ☐

2. Fuma? S ☐ N ☐

Se respondeu sim indique quantos cigarros consome por dia: _____

3. Já fumou no passado? S ☐ N ☐ Se respondeu sim indique:

Quantos anos fumou? _____ Quantos cigarros fumava diariamente? _____

Há quanto tempo deixou de fumar? _____ (meses/anos)

4. Tem diabetes? S ☐ N ☐ Se respondeu sim:

Indique o tipo: _____ Encontra-se em tratamento? S ☐ N ☐

5. É hipertenso? S ☐ N ☐ Se respondeu sim:

Encontra-se medicado? S ☐ N ☐

Passado desportivo:

1. Já praticou exercício físico de forma regular? S ☐ N ☐ Se respondeu sim:

De 1 a 10, sendo 1 o mais básico possível e 10 alta competição, como classifica o nível atingido? _____

Sofreu alguma lesão adjacente à actividade física? S ☐ Quantas? ____ N ☐

Quais os desportos/actividades físicas praticadas (inclua, caso aplicável, o treino de força)? _____

Mantém a pratica da actividade física? S ☐ N ☐

- se respondeu sim, quantas vezes por semana pratica? _____

- se respondeu não, há quanto tempo não pratica? _____

Motivações e objectivos:

1. Qual o seu objectivo ao praticar um plano de actividade física?

2. Em termos desportivos, considera-se uma pessoa com espírito:

Lúdico, social ☐ competitivo ☐

História da evolução do peso:

1. Como considera a evolução do seu peso ao longo dos anos:

Peso sempre dentro da média ☐ Peso sempre acima da média ☐

Peso sempre abaixo da média ☐ Sempre oscilante ☐

Tem vindo a aumentar com o passar dos anos ☐ Outro _____

Actividades físicas preferidas:

1. Classifique de 1 a 5 (sendo 5 o nível mais alto) as actividades físicas a seguir apresentadas de acordo com a sua preferência:

Caminhada/corrida ____ Ciclismo ____ Natação/actividades aquáticas ____

Aeróbica/dança/step ____ Jogos de grupo (bolas,arcos,etc) ____

2. Classifique segundo a mesma escala o ambiente preferido para praticar actividade física:

Ao ar livre em grupo ____ Ao ar livre sozinho ____

Numa sala / pavilhão em grupo ____ Numa sala / pavilhão sozinho ____

É indiferente ____

Disponibilidade para o exercício:

1. Quantos dias por semana dispõe de tempo livre para praticar exercício físico?

2. Para si qual é a duração ideal que um plano diário de exercício físico deve ter (escolha uma opção):

Entre 15 e 30 minutos ☐ Entre 30 min e 1 hora ☐ Entre 1 hora e 1.30h ☐
Entre 1.30h e 2 horas ☐ Acima de 2 horas ☐

Hábitos ligados à prática do exercício:

1. Dá atenção ao controle do estado de hidratação durante o exercício (costuma beber líquidos)?
S ☐ N ☐
2. Ajusta bem a sua alimentação à prática física?
S ☐ N ☐ Não sabe ☐
3. Frequenta saunas, banhos turcos, massagem, termas...?
S ☐ N ☐

Caso se encontre medicado(a) indique por favor quantos medicamentos toma e para que efeito.

Se pretender deixar sugestões ou informações que considere relevantes para este efeito faça-o no seguinte espaço reservado para tal:

CONFIRMO AS DECLARAÇÕES POR MIM EFECTUADAS

DATA ____ / ____ / ____

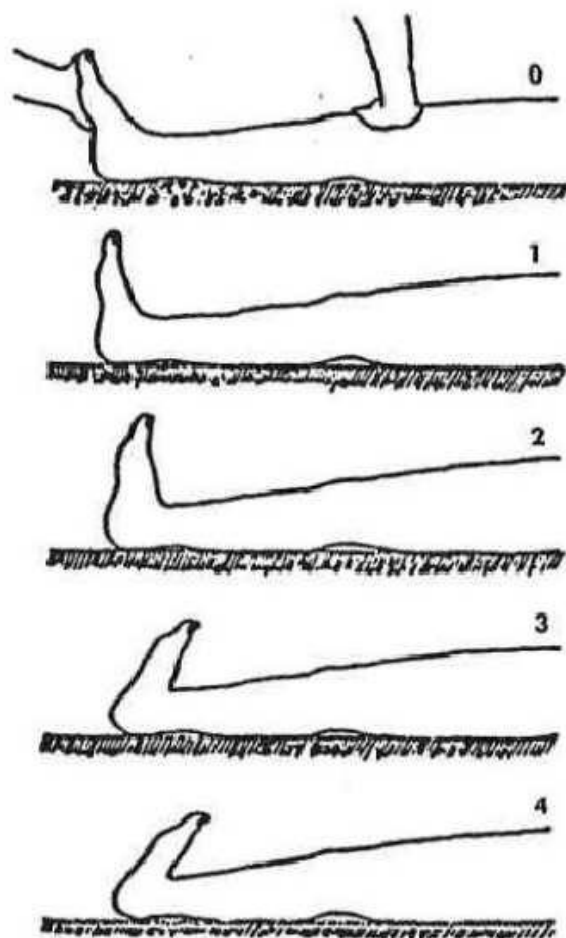
ASSINATURA _____

ANEXO 3

Folha de esquema - Flexisteste

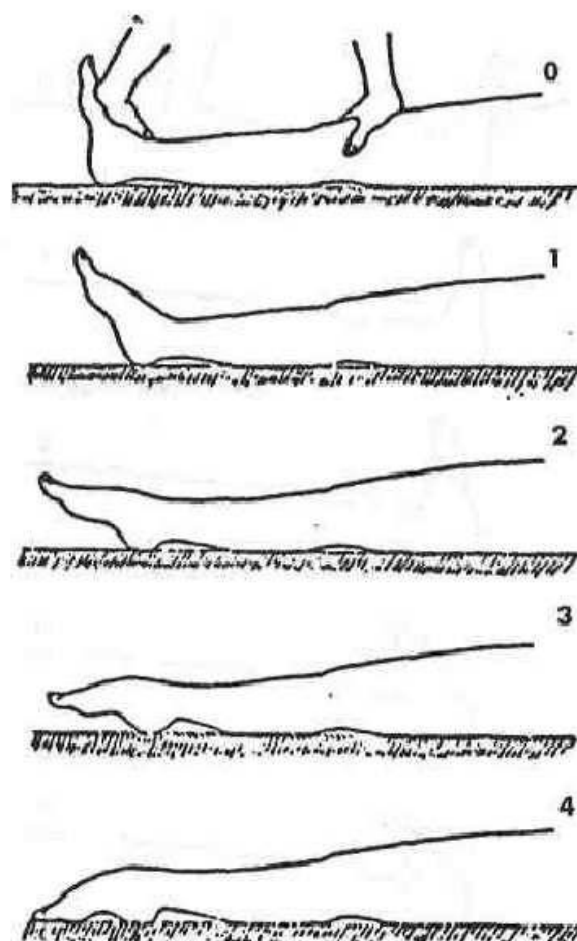
I

Flexão do Tornozelo



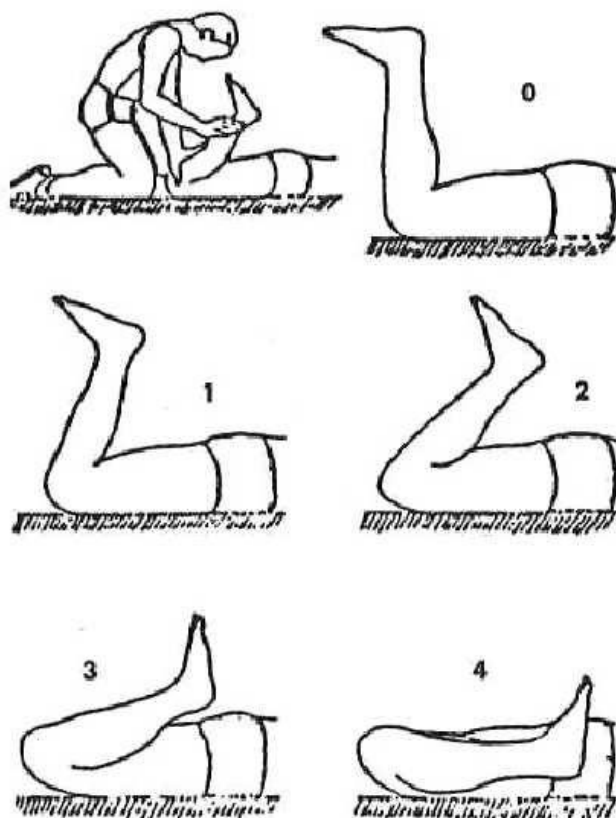
II

Extensão do Tornozelo



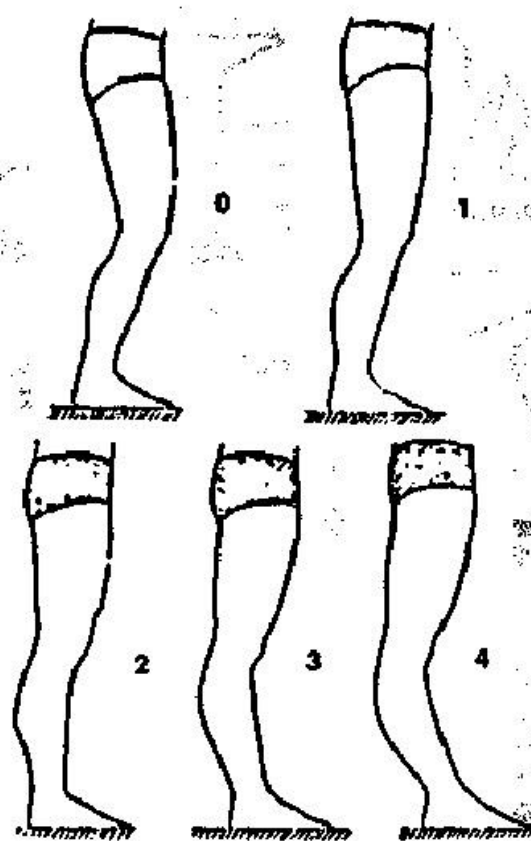
III

Flexão do Joelho

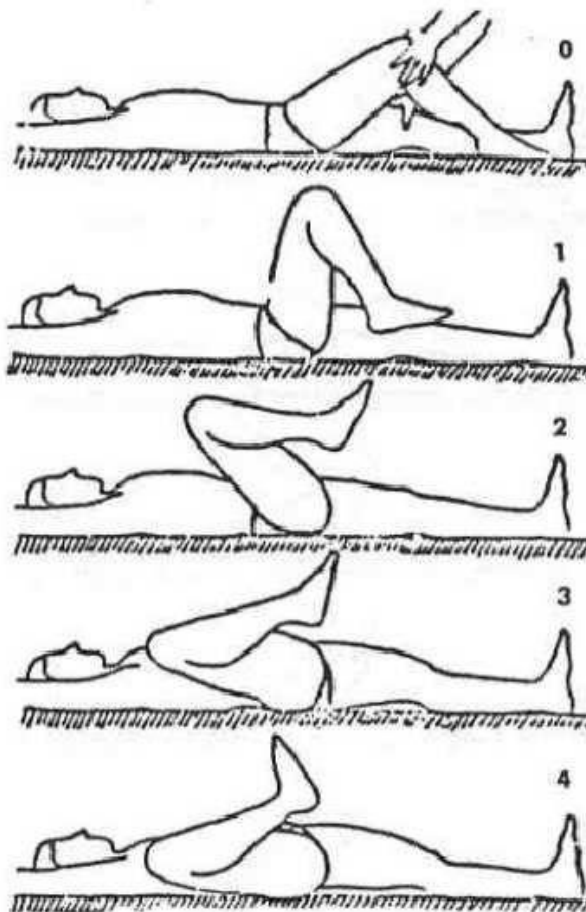


IV

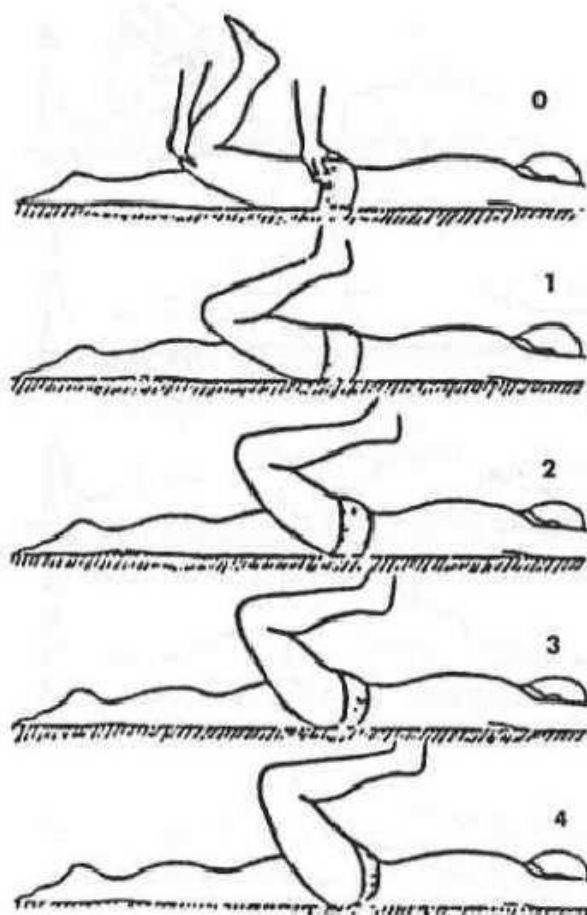
Extensão do Joelho



V
Flexão do Quadril

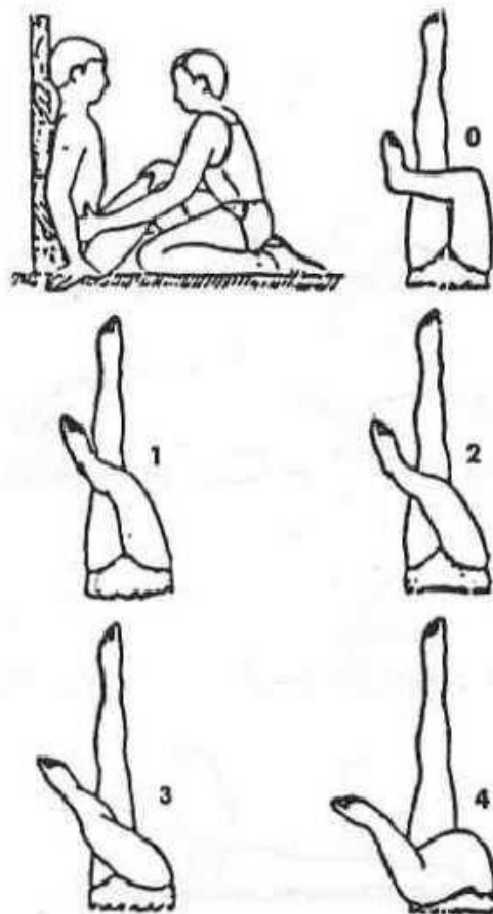


VI Extensão do Quadril



VII

Adução do Quadril



VIII

Abdução do Quadril



0



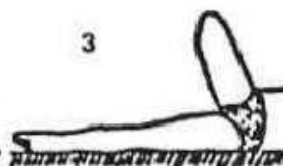
1



2



3

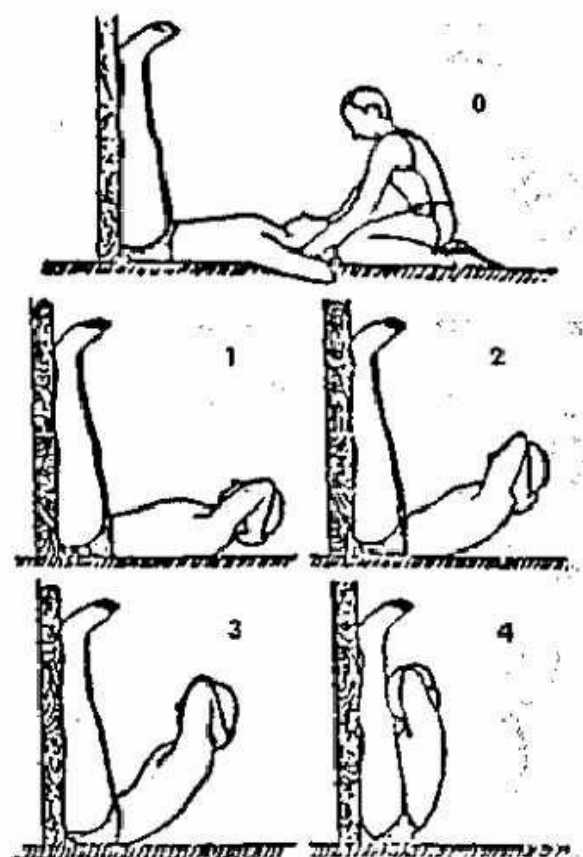


4



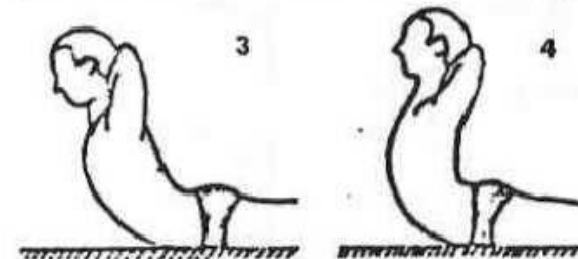
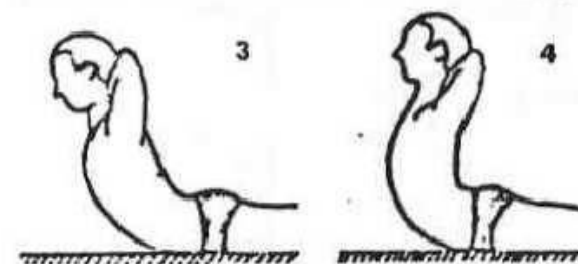
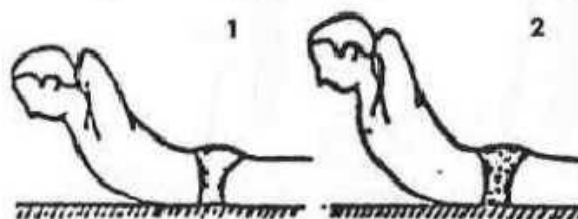
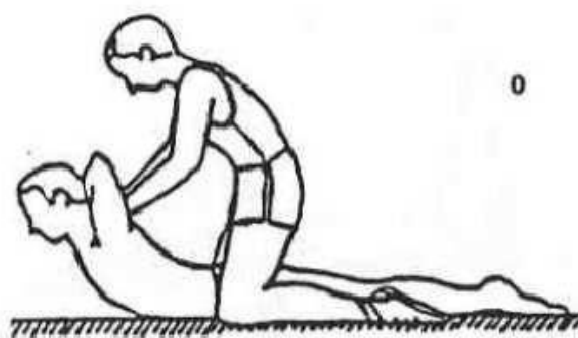
IX

Flexão do Tronco



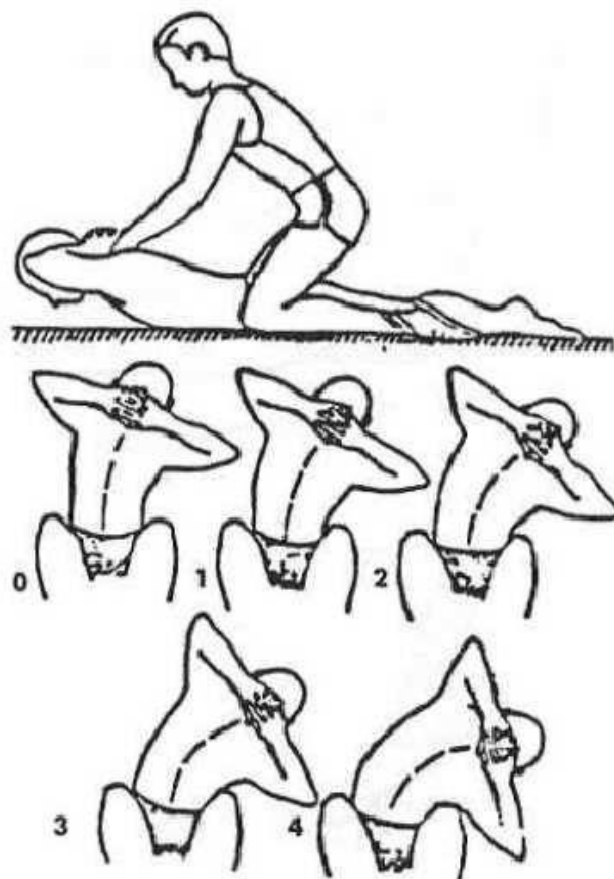
X

Extensão do Tronco



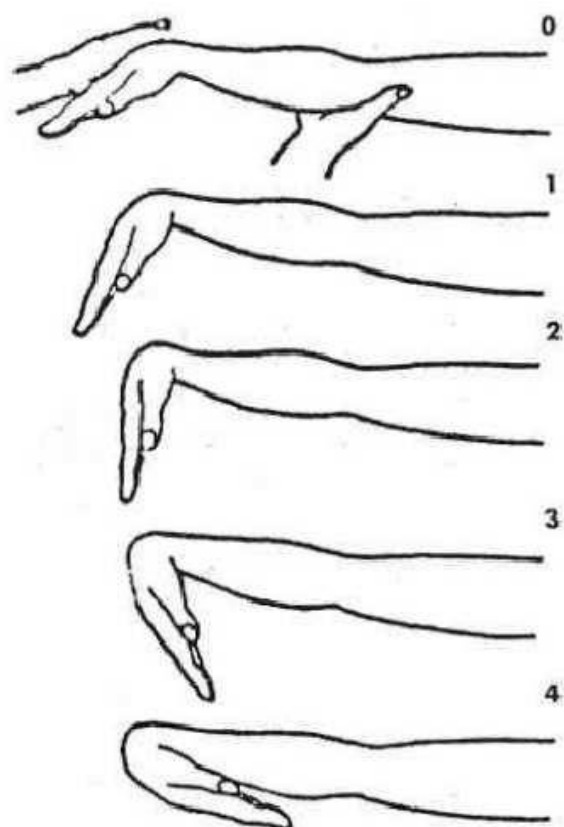
XI

Flexão Lateral do Tronco



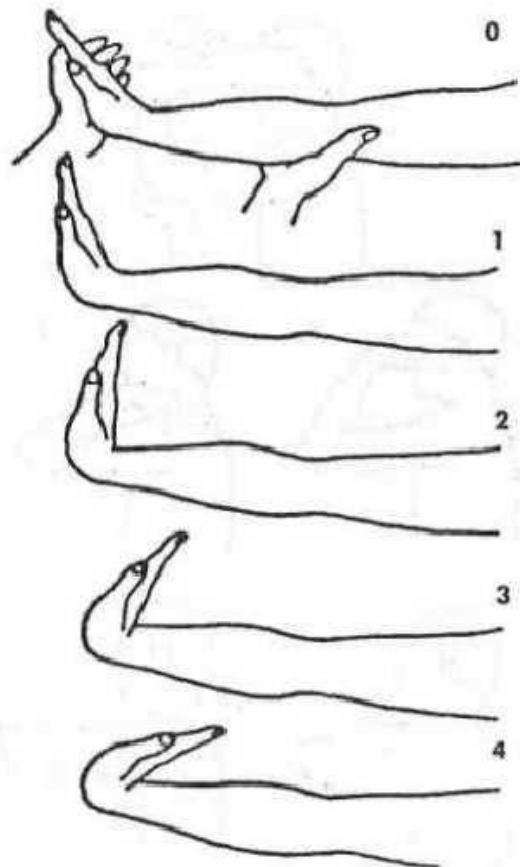
XII

Flexão do Punho



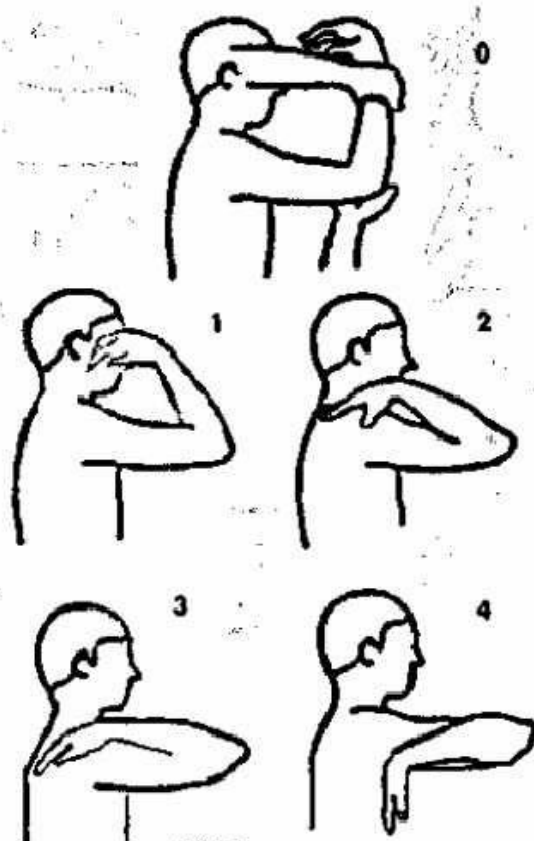
XIII

Extensão do Punho

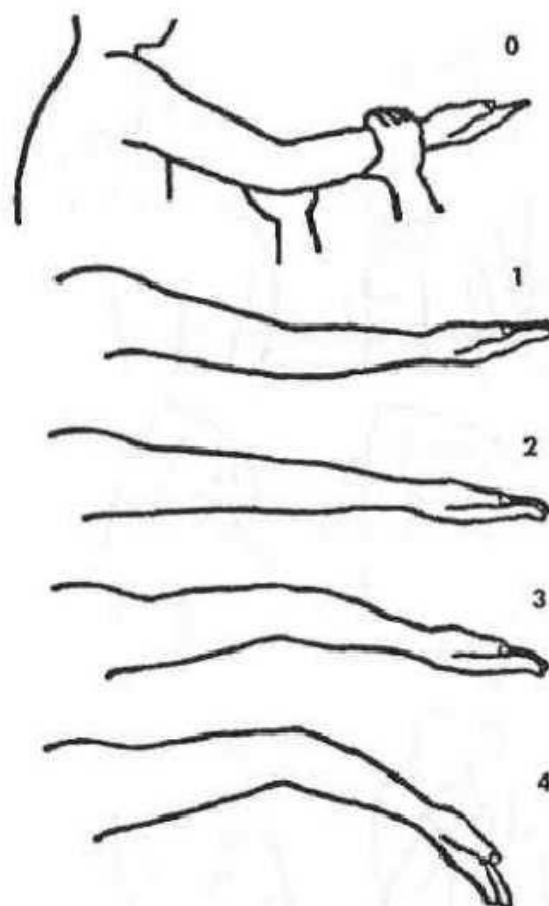


XIV

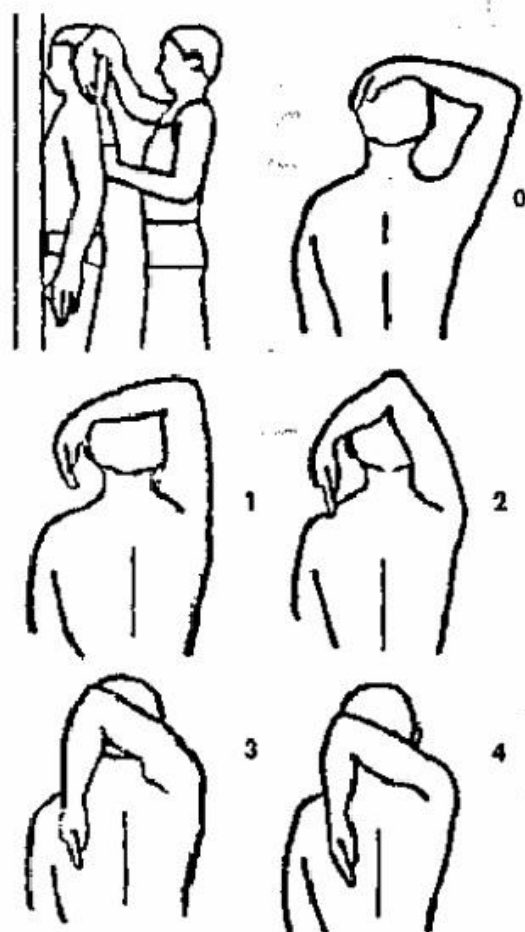
Flexão do Cotovelo



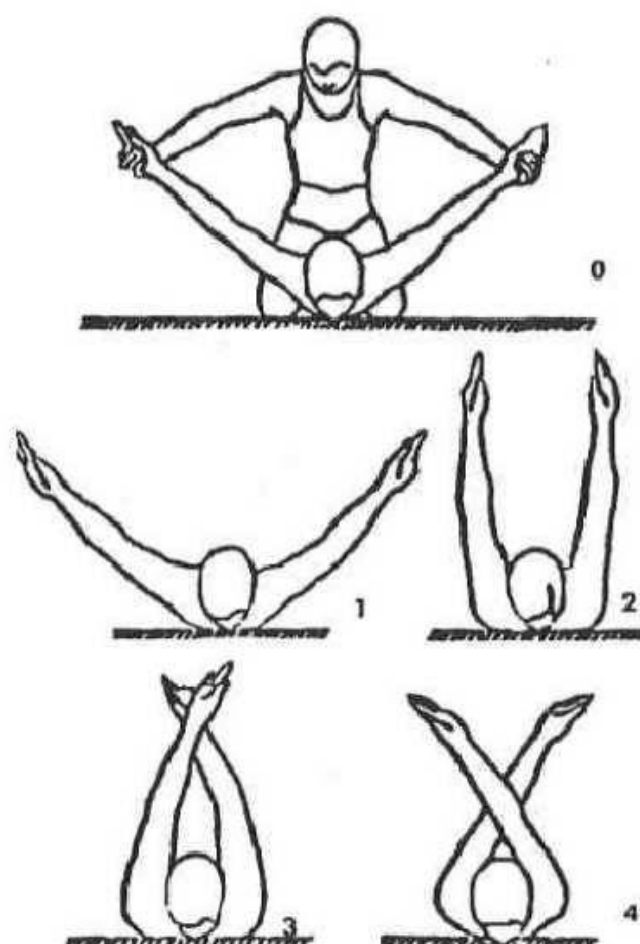
XV
Extensão do Cotovelo



XVI
Adução Posterior do Ombro
com 180° de Abdução

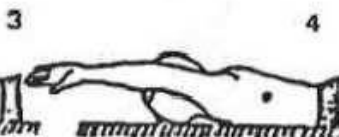
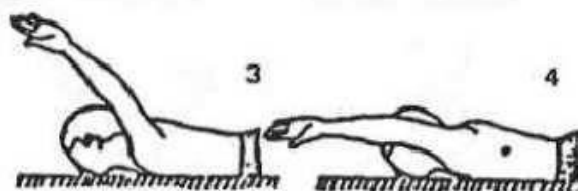
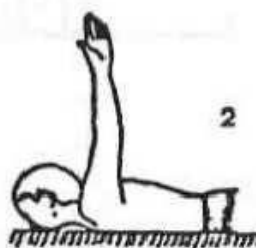
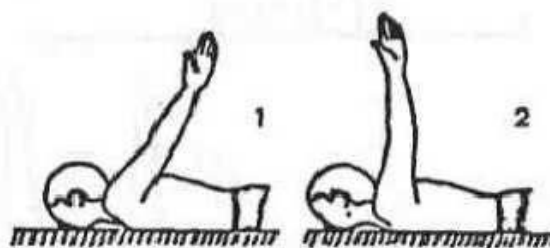


XVII
Extensão com Adução
Posterior do Ombro

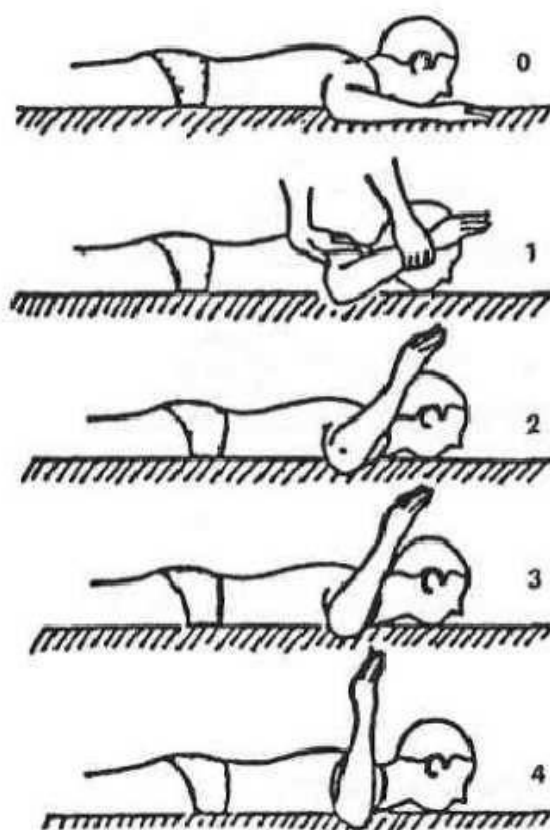


XVIII

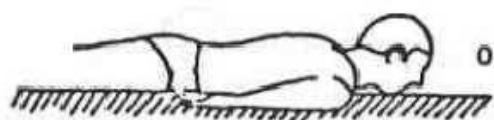
Extensão Posterior do Ombro



XIX
Rotação Lateral do Ombro
com 90° de Abdução



XX
Rotação Medial do Ombro
com 90° de Abdução



ANEXO 4

Certificado de frequência do curso: “Método dos elementos finitos em Matlab”

ANEXO 5

Template do ficheiro pdf impresso na primeira avaliação

Ficha do avaliado

Data de inscrição:

--	--	--

Nº registo:

Nome:

Sexo:

Data de Nascimento:

--	--	--

Endereço:

C.P.

Localidade:

Cidade:

Habilitações Literárias:

Profissão:

Telefone:

Em caso de necessidade contactar:

foto

Observações relevantes:

Atenção:

O presente documento refere-se aos dados pessoais do avaliado e aos valores apresentados na primeira avaliação da condição física à data mencionada.

Se pretende obter a evolução do mesmo ao longo das avaliações por favor consulte:

"Evolução detalhada do avaliado"

Tensão arterial

	Valores apresentados	Valores normais
Sistólica		mmHg
Diastólica		mmHg
Ritmo cardíaco		bpm

Análises Bioquímicas

	Valores obtidos	Valores aceitáveis
Hemoglobina		mg/dl
Colesterol HDL		mg/dl
Colesterol LDL		mg/dl
Colesterol total		mg/dl
Trigliceridos		mg/dl
Glicemia		mg/dl
Ácido úrico		mg/dl

Composição corporal

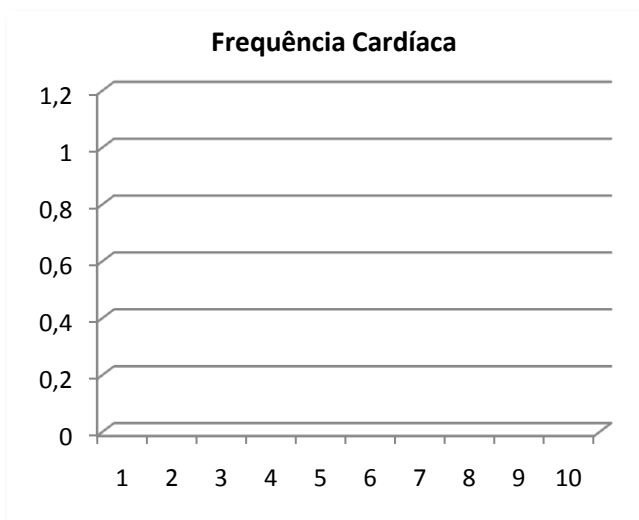
Dados recolhidos		Dados obtidos	
Peso	Kg	<div><div><div>%G corporal</div><div>%G ideal</div><div>Massa Gorda</div><div>Massa magra</div><div>Massa óssea</div><div>Massa residual</div><div>Massa muscular</div></div><div><div>Composição corporal</div><div><div><div>■ Massa Gorda</div><div>■ Massa magra</div><div>■ Massa óssea</div><div>■ Massa residual</div><div>■ Massa muscular</div></div></div></div></div>	
Altura	cm		
Circunferências:			
Abdomen	cm		
Pescoço	cm		
Cintura	cm		
Diâmetros ósseos:			
Fémur	cm		
Úmero	cm		
Dobras cutâneas:			
Subescapular	mm		
Tricipital	mm		
Bicipital	mm		
Suprailíaca	mm		

Avaliação Cardiorrespiratória

FC repouso

Carga utilizada

Minuto	Carga	FC
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



Resultados obtidos:

FC estabilizada
 VO2 max
 VO2 max corrigido
 VO2 max previsto
 Défice aeróbio funcional

Flexibilidade

Movimento	Classificação	Movimento	Classificação
I		folha	
II		VIII	
V		IX	
III		VII	
VI		XVI	
X		XII	
XI		XIII	
XVII		XIV	
XVIII		XV	
XIX		IV	
Total			

Força e Resistência

Carga utilizada:

Repetições:

Tentativas:

ANEXO 6

Instruções para utilização do programa “Estatística por grupos”

Instruções para o programa “Estatística por grupos”

A interface do programa é constituída por uma caixa rosa, uma caixa verde, um gráfico, uma tabela, um espaço para a data e vários botões.

No canto superior esquerdo encontra-se o espaço destinado à data. O seu preenchimento é facultativo, o programa continua mesmo que deixe os espaços em branco, no entanto ao guardar os resultados estes não ficarão associados a uma data.

1

Data:

Por baixo da data encontra o quadro rosa composto por quatro caixas cinzentas cada uma associada ao botão laranja que se encontra por cima.

Comece por escolher as opções que pretende nessas caixas. Uma vez escolhidas as opções marque os botões laranja associados a cada uma.

Seguidamente escolha os parâmetros que deseja analisar (caixa verde) bem como o número da avaliação a que se referem os resultados que pretende analisar.

2

<div><input type="checkbox"/> Faixa etária</div> <div>Por favor indique:</div> <div>Limite inferior / Limite superior (1)</div> <div><input type="text"/> <input type="text"/> anos</div> <div>Limite inferior / Limite superior (2)</div> <div><input type="text"/> <input type="text"/> anos</div> <div>Amostra <input type="button" value="Obter resultados"/></div>	<div><input type="checkbox"/> Habilitações literárias</div> <div>Por favor seleccione:</div> <div><input type="checkbox"/> Analfabeto <input type="checkbox"/> Curso técnico</div> <div><input type="checkbox"/> Ens. primário <input type="checkbox"/> Curso superior</div> <div><input type="checkbox"/> 1º ciclo</div> <div>Amostra <input type="button" value="Obter resultados"/></div>
<div><input type="checkbox"/> Freguesia</div> <div>Por favor seleccione:</div> <div><input type="checkbox"/> Paio Pires <input type="checkbox"/> Fernão Ferro</div> <div><input type="checkbox"/> Amora <input type="checkbox"/> Arrentela</div> <div><input type="checkbox"/> Corroios <input type="checkbox"/> Seixal</div> <div>Amostra <input type="button" value="Obter resultados"/></div>	<div><input type="checkbox"/> Sexo</div> <div>Por favor escolha:</div> <div><input checked="" type="radio"/> Feminino</div> <div><input type="radio"/> Masculino</div> <div>Amostra <input type="button" value="Obter resultados"/></div>

3

Parâmetros (testes)

☐ **Análises bioquímicas**

☐ **Tensão arterial**

☐ **Flexibilidade**

☐ **Aval. cardiorrespiratória**

☐ **Condição muscular**

Nr da avaliação:

Para visualizar o resultado das suas escolhas *click* no botão “Obter resultados”.





Nota1: No quadro corresponde à faixa etária são apresentados 2 intervalos: Limite superior/limite inferior (1) e Limite superior/limite inferior (2). Só deve preencher o segundo limite quando pretender uma comparação entre faixas etárias. (Por exemplo comparar indivíduos entre os 40 e 50 anos com indivíduos entre os 51 e os 60).

Nota2: Sempre que deixar as opções em branco (entenda-se, não seleccionar o botão correspondente às opções), o programa assume todos os existentes. No caso de seleccionar: Habilitações e Freguesia, deixando em branco Faixa etária e Sexo a comparação por freguesia e habilitações é feita para os indivíduos de todas as idades e ambos os sexos.

Nota3: Não seleccione o botão laranja caso não tenha feito nenhuma opção na caixa correspondente.

Exemplo:

Objectivo: Comparar os testes de Flexibilidade e de Condição muscular dos indivíduos do sexo Feminino de Corroios e do Seixal cuja idade se situa entre os 60 e os 80 anos.

<input checked="" type="checkbox"/> Faixa etária Por favor indique: Limite inferior / Limite superior (1) <input type="text" value="60"/> <input type="text" value="80"/> anos Limite inferior / Limite superior (2) <input type="text"/> <input type="text"/> anos Amostra 	<input type="checkbox"/> Habilitações literárias Por favor seleccione: <input type="checkbox"/> Analfabeto <input type="checkbox"/> Curso técnico <input type="checkbox"/> Ens. primário <input type="checkbox"/> Curso superior <input type="checkbox"/> 1º ciclo Amostra 	Parâmetros (testes) <input type="checkbox"/> Análises bioquímicas <input type="checkbox"/> Tensão arterial <input checked="" type="checkbox"/> Flexibilidade <input type="checkbox"/> Aval. cardiorrespiratória <input checked="" type="checkbox"/> Condição muscular Nr da avaliação: <input type="text" value="1"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Freguesia Por favor seleccione: <input type="checkbox"/> Paio Pires <input type="checkbox"/> Fernão Ferro <input type="checkbox"/> Amora <input type="checkbox"/> Arrentela <input checked="" type="checkbox"/> Corroios <input checked="" type="checkbox"/> Seixal Amostra 	<input checked="" type="checkbox"/> Sexo Por favor escolha: <input checked="" type="radio"/> Feminino <input type="radio"/> Masculino Amostra 	

ANEXO 7

Ofício à Câmara Municipal do Seixal para implementação do
inquérito aos habitantes seniores